
Rapport final sur les travaux du CIRAD en appui au Centre National Antiacridien malgache dans le cadre du Projet de lutte préventive antiacridienne

Convention de collaboration FOFIFA - CIRAD

CIRAD

2009

**Rapport final sur les travaux du
CIRAD en appui au Centre National
Antiacridien malgache dans le cadre
du Projet de lutte préventive
antiacridienne**

Convention de collaboration FOFIFA - CIRAD

CIRAD

2009

Remerciements

Les auteurs du présent document remercient vivement toutes les autorités gouvernementales malgaches qui ont favorisé de près ou de loin la réalisation des travaux réalisés par le CIRAD, de 2005 à 2009, dans le cadre du Projet de lutte préventive antiacridienne (PLPA) financé par la Banque africaine pour le développement (BAD). Ils remercient en particulier la Direction et tous les personnels du Centre national antiacridien de Madagascar et tout spécialement les personnels du service de surveillance antiacridienne et tous les personnels de terrain, chefs de poste et chefs de zones acridiennes. Leurs remerciements vont naturellement aux personnels du projet PLPA et en particulier à son directeur pour l'appui apporté au bon déroulement des travaux. Des remerciements tout particuliers sont adressés au FOFIFA pour sa confiance, à sa direction scientifique pour son soutien, ainsi qu'aux divers collègues de cet organisme ayant travaillé dans le cadre du projet PLPA pour leur collaboration et leur appui.

Les auteurs ne sauraient oublier de remercier la Banque africaine pour le développement, ayant assuré le financement des travaux. Ils n'oublient pas le Service de coopération et d'action culturelle de l'Ambassade de France à Antananarivo dont l'appui constant apporté de longue date à la lutte antiacridienne à Madagascar a été déterminant, ainsi que divers autres donateurs concernés par la lutte antiacridienne, et en particulier l'appui moral et matériel régulier de la Délégation de la commission européenne et la Représentation locale de la FAO à Madagascar.

Nous associons à ces remerciements la représentation du CIRAD à Madagascar pour son soutien constant déterminant pour la bonne marche des activités du projet. Nos remerciements à tous les organismes avec lesquels nous avons collaboré et qui ont contribué largement à la bonne marche de nos activités et aux résultats obtenus, en particulier le FTM (l'Institut géographique et hydrographique national de Madagascar) et l'Université de Tuléar dont plusieurs étudiants en DEA de biologie ont assumé d'importants travaux de terrain.

Enfin, nous ne saurions oublier les nombreux contacts avec les populations locales, premiers bénéficiaires des opérations de lutte antiacridienne, qui nous ont fait partager leur connaissance du problème acridien à Madagascar et bénéficier de leur grande expérience du terrain et de la nature malgache.

Que tous ceux qui ne se retrouveraient pas dans les lignes ci-dessus, malgré leur contribution à la bonne marche de nos travaux, veuillent bien pardonner cet oubli.

CIRAD, 2009. *Rapport final sur les travaux du CIRAD en appui au Centre National Antiacridien malgache dans le cadre du Projet de lutte préventive antiacridienne. Convention de collaboration FOFIFA – CIRAD.* Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, Montpellier, France.

Table des matières

Remerciements	3
Table des matières	5
Liste des abréviations.....	6
Résumé et principales recommandations	7
 Introduction.....	 13
 Première partie - L'écologie du criquet nomade.....	 21
Lecoq M., Luong-Skovmand M.H., Gay P.E.	
CHAPITRE 1 - CARACTERISATION DES PHASES DU CRIQUET NOMADE.....	31
CHAPITRE 2 - DYNAMIQUE DES POPULATIONS DU CRIQUET NOMADE	63
 Deuxième partie - Un outil d'alerte précoce pour la gestion du risque criquet migrateur	 303
Duranton J.F., T. Andriamaroahina, J.B. Borot, A. Decherf, A. Franc, N. Ponzo	
CHAPITRE 1 - HISTORIQUE.....	308
CHAPITRE 2 - PROBLEMATIQUE.....	317
CHAPITRE 3 - ITINERAIRE METHODOLOGIQUE ET CONSTRUCTION DU SIG.....	323

NB. La numérotation des illustrations (figures et tableaux) est indépendante pour chacun des deux parties.

Liste des abréviations

BafD	Banque africaine de développement
CIRAD	Centre de Coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
CNA	Centre national antiacridien malgache
CROE	Cellule de recherche opérationnelle et environnementale du CNA
FOFIFA	Centre national de la recherche appliquée au développement rural, Madagascar
FTM	Foiben-Taosaritanin'i Madagasikara (Institut géographique et hydrographique national de Madagascar)
PASA	Programme appui à la sécurité alimentaire de l'Union Européenne
PCLA	Projet de contribution à la lutte antiacridienne (projet FSP sur financement français 1998-2003)
PLPA	Projet de lutte préventive acridienne de la Banque africaine pour le développement
UE	Union Européenne
VIE	Volontaire international en entreprise

Résumé et principales recommandations

Dans le cadre d'une convention avec le FOFIFA - signée fin août 2005 - le CIRAD a été chargé de la mise en œuvre de prestations scientifiques au sein de la composante recherche/formation du Projet de lutte préventive antiacridienne (PLPA), financé par la Banque africaine de développement en appui au Centre national antiacridien malgache (CNA).

Les travaux entrepris par le CIRAD de 2005 à 2009 avaient deux objectifs :

- renforcer les connaissances sur l'écologie du criquet nomade - *Nomadacris septemfasciata* Serville - afin d'améliorer la stratégie de surveillance et de lutte ;
- développer un outil de surveillance et d'aide à la décision, de type SIG, permettant de détecter en temps utile les zones à haut risque de pullulation du criquet migrateur - *Locusta migratoria capito* Saussure, de rendre plus rationnel les opérations de lutte préventive et d'optimiser le cadre opérationnel d'utilisation des insecticides ou des produits alternatifs en cours de développement comme les biopesticides...

Les personnels clés liés au développement des activités du CIRAD ont été, d'une part, J.F. Duranton et A. Decherf (36 mois au lieu des 20 initialement prévus) en charge des activités liées au développement du SIG et à la cartographie des biotopes du Criquet migrateur, et d'autre part, M. Lecoq et M.H. Luong-Skovmand en charge des activités liées aux recherches sur le Criquet nomade dans le sud de Madagascar. P.E. Gay, en poste à Montpellier, a apporté un appui conséquent au traitement des données obtenues dans le cadre du projet. Divers étudiants français et malgaches et personnels temporaires ont, par ailleurs, participé aux travaux : J.B. Borot (étudiant français en master 2 de l'université de Nantes), A. Franc (entomologiste CIRAD) et N. Ponzo (ingénieur SIG CIRAD) pour ce qui est du développement du SIG, ainsi que A. Chamouine et A. Indriambelo (étudiants en DEA de l'université de Tuléar) pour les travaux sur le Criquet nomade. Les activités du CIRAD ont été réalisées en étroite concertation avec le CNA et sa Cellule de recherche opérationnelle et environnementale, ainsi qu'avec la collaboration toute particulière de sa Section Avertissement et Surveillance. Par ailleurs, divers travaux ont bénéficié de l'appui des chefs de poste et chefs de zone antiacridienne du CNA.

Concernant le Criquet migrateur malgache, il s'agit sans aucun doute du ravageur des cultures le plus important à Madagascar. Suite à des séries d'événements météorologiques favorables, les populations solitaires, de basse densité, peuvent se regrouper, se multiplier activement et donner lieu en quelques générations à l'apparition de formations grégaires, bandes larvaires et essaims migrants, qui peuvent rapidement envahir l'ensemble du pays et causer des dommages considérables aux cultures comme aux pâturages. La pluviométrie est le facteur clé du déclenchement de ces pullulations. Dès 1974 les bases d'un système de prévention du risque acridien avaient été établies, reposant sur le suivi des conditions pluviométriques, d'une part, et de la situation acridienne sur le terrain, d'autre part. Les zones recevant mensuellement entre 50 et 150 mm de pluie sont considérées comme très favorables aux pullulations. Le risque de grégarisation, de formation d'essaims et de démarrage d'une invasion devient très important si ces conditions sont réalisées sur une même zone durant trois mois consécutifs. Ces informations ont servies à l'époque à définir les bases du premier réseau d'avertissement acridien.

Après l'invasion de 1997-2000, il est clairement apparu que cet outil devait être perfectionné et actualisé. Tel était l'objectif des travaux entrepris par le CIRAD dans le cadre du projet de lutte préventive antiacridienne. De fin 2005 à fin 2009, un outil d'aide à la gestion du risque acridien a ainsi été réalisé en collaboration avec le CNA et installé au sein de la Section Avertissement et Surveillance du Département Technique.

Cet outil se présente sous la forme d'un système d'information géographique (SIG) permettant de localiser les zones à risque de pullulation et de transformation phasaire du Criquet migrateur. Il repose sur la confrontation mensuelle, au sein de l'aire grégarigène de ce criquet, de deux sources d'informations variables – les données pluviométriques et acridiennes – et d'une source constante, les biotopes acridiens.

Les travaux ont nécessité :

- la réalisation d'une cartographie des biotopes,
- l'amélioration du dispositif de collecte et d'analyse des informations pluviométriques et acridiennes,
- la construction du SIG.

La cartographie des biotopes du Criquet migrateur a constitué la première et plus longue étape des travaux. Elle a été réalisée sur l'ensemble de l'aire grégarigène du Criquet migrateur (environ 185 000 km²) à partir de classifications d'images LANDSAT. En préalable, les limites de l'aire grégarigène et de ses diverses régions naturelles ont tout d'abord été redéfinies à l'aide d'un modèle numérique de terrain et de diverses données mésologiques (géologie et couvert végétal principalement). Treize scènes LANDSAT ont ensuite été utilisées pour procéder à la cartographie détaillée des biotopes. Une quarantaine de types de biotopes ont été définis en fonction du couvert végétal et de l'hygrotophie. Pour chaque biotope, ont été évalués, d'une part, son « potentiel écologique maximal » (6 niveaux d'hostile à optimal) et, d'autre part, son « potentiel écologique réel » qui correspond au niveau atteint, à un moment donné, en fonction des conditions pluviométriques. Ce potentiel écologique réel est déterminé mensuellement.

Les variables météorologiques et acridiennes sont échantillonnées à partir d'un réseau de stations au sol. Les données pluviométriques sont collectées quotidiennement grâce à un réseau de 135 postes pluviométriques distribués sur l'ensemble de l'aire grégarigène (certains postes étant gérés par le CNA, d'autres relevant d'autres structures, en particulier du Système d'Alerte Précoce et du Service météorologique national). Les données acridiennes (densité, stade phénologique, état phasaire) sont collectées par les chefs de postes et chefs de zones acridiennes du CNA sur un réseau de plusieurs centaines de stations acridiennes prospectées plus ou moins régulièrement selon les cas. Toutes ces informations, acridiennes et pluviométriques, sont transmises chaque décade à la Section Avertissement et Surveillance du CNA, à Betioky-Sud, et incrémentent une base de données relationnelles géoréférencées développée sous Access.

Le SIG - développé sous ArgView 9.2 - intervient comme un outil conçu pour croiser les différentes couches d'informations constituées par les données sur la pluie, les criquets et les biotopes acridiens. Les informations pluviométriques sont d'abord croisées avec les cartes de biotopes pour évaluer le potentiel écologique réel de chaque type de biotope. Ces informations sont ensuite confrontées aux informations acridiennes (phénologie, densité et état phasaire), du mois en cours et des mois antérieurs, pour obtenir un diagnostic mensuel de la situation acridienne et une évaluation du risque de pullulation.

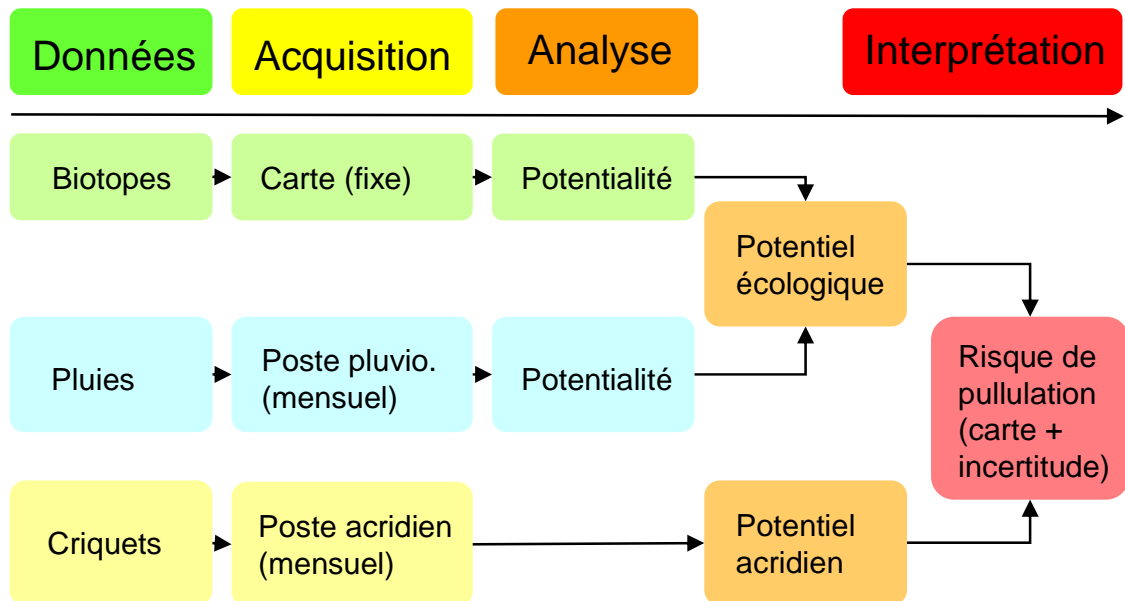
Le diagnostic du risque étant établi en croisant 3 couches d'information dont deux (pluies, criquets) sont acquises par interpolation de données ponctuelles, la fiabilité de ces couches et, en conséquence, celles des surfaces identifiées à risque dépend largement de la quantité et de la qualité de l'information en provenance du terrain (postes pluviométriques et acridiens). Afin de pouvoir évaluer le degré de fiabilité du diagnostic de situation acridienne, des méthodes d'interpolation géostatistiques ont été utilisées. Elles permettent d'obtenir une estimation de l'incertitude associée aux interpolations. Cette incertitude est très généralement plus grande pour les données pluviométriques que pour les données acridiennes ce qui souligne l'importance capitale d'un réseau suffisamment dense de postes pluviométriques.

Au final, des cartes de risque acridien associées à une estimation de l'incertitude sur le risque peuvent être produites mensuellement par la Section Avertissement et Surveillance du CNA.

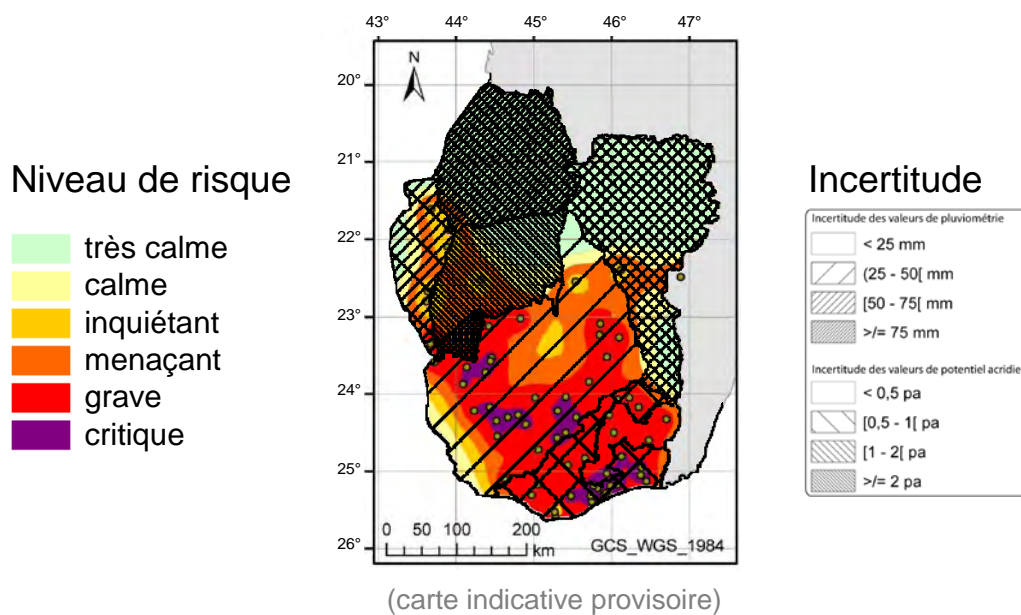
Ce SIG devrait constituer pour le CNA un outil de surveillance et d'aide à la décision permettant de détecter en temps utile les zones à haut risque de pullulation du Criquet migrateur et de conduire plus efficacement les opérations de surveillance et de lutte préventive.

Ce SIG devrait être progressivement rôdé et mis à l'épreuve sur les premières campagnes acridiennes à partir de début 2010 afin de vérifier, valider et affiner son paramétrage. Il convient de souligner que cet outil repose essentiellement sur un dispositif de collecte de l'information sur le terrain efficient. Seuls les relevés pluviométriques et acridiens lui permettront de remplir sa fonction et d'assurer son rôle d'outil d'aide à la décision. Ceci consacre une réalité fondamentale, à savoir que la gestion des pullulations acridiennes demeure, avant tout autre chose, une problématique de terrain.

Principe du SIG



Cartes de risque acridien



Concernant le criquet nomade - important ravageur de nombreuses cultures régulièrement surveillée et contrôlée par le Centre national antiacridien - les études réalisées ont permis de compléter les connaissances sur la caractérisation des phases de cette espèce ainsi que sur la dynamique de ses populations et les facteurs de pullulation : suivi de la dynamique des populations sur le terrain, enquêtes auprès des populations rurales, analyse des archives récentes du CNA, étude de terrain sur la pigmentation des imagos et des larves en relation avec la phase et la densité des populations.

Les études sur le polymorphisme phasaire ont tout d'abord permis de mettre au point des critères précis de reconnaissance de l'état phasaire, tant pour les larves que pour les imagos, tant pour les individus qu'au niveau des populations. Elles ont également permis de préciser les densités à partir desquelles, chez les larves, les premières manifestations phasaires sont observées. Parmi les principaux faits aux conséquences opérationnelles immédiates on retiendra essentiellement :

- La démonstration qu'il existe bien dans le sud de Madagascar de vraies larves solitaires, transiens et grégaires du criquet nomade.
- L'estimation du seuil de transformation phasaire chez les larves est aux environs de 10 larves par mètre carré (10 000 larves/ha) (aux environs de 5 000 imagos/hectare chez les imagos).
- La mise au point d'une typologie claire des états phasaires du criquet nomade, des larves et des imagos. Chez les larves 4 états phasaires sont distingués (solitaires, solitaro-transiens, transiens et grégaires) et chez les imagos 3 états phasaires seulement (solitaires, transiens et grégaires). Pour chaque état phasaire une fiche de description est proposée, à la fois pour décrire l'état phasaire d'un individu, larve ou imago, comme pour caractériser l'état phasaire moyen d'une population.

Ces résultats doivent permettre au Centre national antiacridien de renforcer la fiabilité des observations conduites sur le Criquet nomade par ses chefs de postes et chefs de zones acridiennes.

Les travaux sur la dynamique des populations du criquet nomade - réalisés au travers d'études de terrain sur une station de reproduction, d'enquêtes en milieu paysan et d'analyse des archives récentes du CNA - ont permis d'aboutir à une compréhension plus fine du déterminisme des pullulations et à une délimitation plus précise des zones les plus propices aux pullulations et aux grégarisations. On retiendra les deux points suivants :

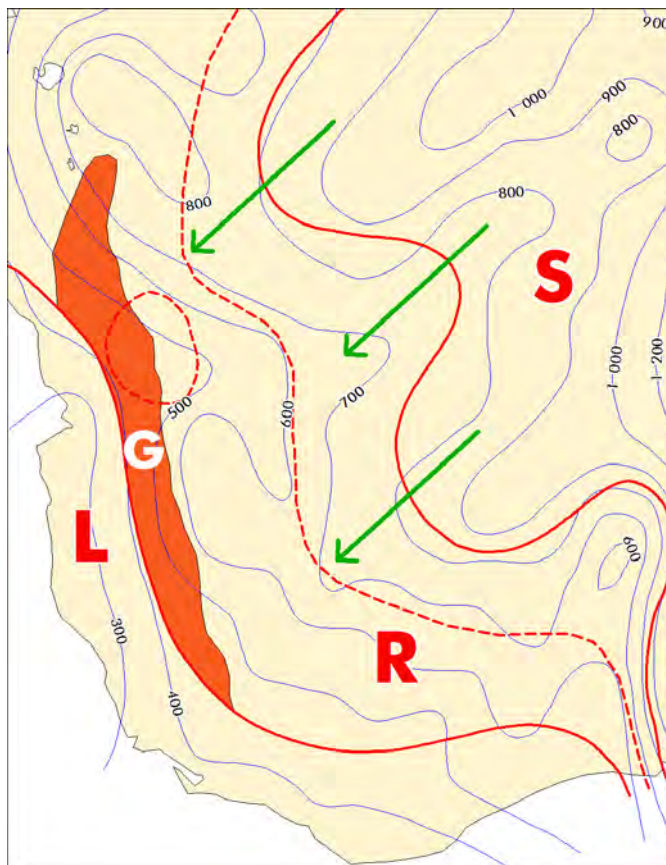
- Le point clé pour le succès de la reproduction du Criquet nomade (qui n'a qu'une seule génération par an et une diapause imaginale durant la saison sèche) se situe au niveau du développement embryonnaire. Les pluies de décembre et janvier sont d'importance primordiale. Un fort taux de reproduction est lié à de bonnes pluies régulièrement distribuées au cours de cette période. Une pluviométrie de 250-300 mm / mois semble la plus favorable. En dessous de 150 mm, la mortalité embryonnaire est forte. Des pluies supérieures à 400 mm sont également défavorables. L'utilisation de ce critère peut permettre une localisation précoce des zones présentant le plus fort risque de pullulation.
- La délimitation des zones de foyers de grégarisation les plus actifs. Une zone - s'étendant de Befandriana Sud au plateau Mahafaly en passant par le plateau de Belomotra - rassemble plusieurs facteurs très favorables aux pullulations du criquet nomade : 1) une arrivée massive en début de saison des pluies des populations de criquets nomades issues des zones refuge de saison sèche, une densation des populations sur des superficies restreintes, 2) une pluviométrie permettant, en moyenne, les meilleurs taux de reproduction observés dans le sud, 3) un déboisement récent ayant augmenté la superficie des biotopes potentiels de reproduction. La délimitation de cette zone - actuellement largement sous prospectée au vu de la localisation des sites visités par le CNA - doit permettre au Centre antiacridien de renforcer la surveillance dans ce périmètre afin de pouvoir y traiter précocement les premières formations grégaires, bandes larvaires et jeunes essaims. L'ensemble du sud constitue une aire grégarigène du criquet nomade. Les foyers de grégarisation les plus actifs occupent une surface beaucoup plus réduite.

A partir de ces résultats **une stratégie de prévention du risque** criquet nomade peut être envisagée. Cette stratégie devrait reposer sur :

- L'augmentation du nombre de sites prospectés régulièrement dans la zone des foyers de grégarisation.
- L'augmentation de la fréquence de surveillance de cette zone en début de saison des pluies ;

- L'amélioration des observations sur le criquet nomade en renforçant la formation des prospecteurs et en prenant en compte les résultats du projet : (1) critères de caractérisation phasaire plus précis devant permettre de renforcer très significativement la qualité des observations réalisées par les chef de zone et prospecteurs sur ce paramètre clé de la biologie du criquet, et (2) nécessité d'améliorer la formation des prospecteurs sur les états phénologiques des imagos qui sont actuellement d'une fiabilité souvent douteuse.
- L'analyse de la pluviométrie en début de saison des pluies (décembre et janvier) et la localisation des zones où il pleut plus de 150 mm par mois (avec une attention particulière à la zone des foyers de grégarisation). Une pluviométrie mensuelle de 250-300 mm semble la plus favorable. Une analyse complémentaire de la distribution temporelle des pluies au cours du mois devrait permettre de graduer le risque (plus les pluies sont régulièrement réparties, plus le risque est important ; les périodes sèches de plus de trois-quatre semaines devenant très défavorables).
- La surveillance du déboisement pouvant encore accroître l'étendue des biotopes de reproduction et nécessiter un accroissement local de la surveillance de certaines zones.

Cette stratégie devrait permettre de mieux maîtriser les accroissements importants de population et les risques de pullulations massives, voire d'une éventuelle invasion. Cela ne retire rien au fait que le criquet nomade est aussi et avant tout (et depuis des décennies dans le Sud), un problème de protection rapprochée des cultures, avec des pullulations locales fréquentes, auquel le CNA devra continuer à apporter une réponse par un encadrement étroit des communautés villageoises.



Les zones de reproduction et de grégarisation du criquet nomade dans le sud de Madagascar.

S, zone refuge de saison sèche ($> 800\text{mm} / \text{an}$) ; R, zones de reproduction ($400 - 800\text{mm} / \text{an}$) ; L, zone limite de l'extrême sud ($< 400\text{mm} / \text{an}$) ; G, foyers de grégarisation les plus actifs. Le pointillé rouge délimite, au sein de la zone de reproduction, la région (à l'ouest du trait) où sont observés en moyenne les plus forts taux de reproduction.

Introduction

Dans le cadre d'une convention avec le FOFIFA - signée fin août 2005 - le CIRAD a été chargé de la mise en œuvre de prestations scientifiques au sein de la composante recherche/formation du Projet de lutte préventive antiacridienne (PLPA), financé par la Banque africaine de développement en appui au Centre national antiacridien.

Les travaux entrepris par le CIRAD avaient deux objectifs :

- renforcer les connaissances sur l'écologie du criquet nomade - *Nomadacris septemfasciata* Serville - afin d'améliorer la stratégie de surveillance et de lutte ;
- développer un outil de surveillance et d'aide à la décision, de type SIG, permettant de détecter en temps utile les zones à haut risque de pullulation du criquet migrateur - *Locusta migratoria capito* Saussure, de rendre plus rationnel les opérations de lutte préventive et d'optimiser le cadre opérationnel d'utilisation des insecticides ou des produits alternatifs en cours de développement comme les biopesticides...

Ces travaux viennent en prolongation de ceux déjà développés par le CIRAD dans le cadre du Projet Français de Contribution à la Lutte Antiacridienne (PCLA) financé par le Ministère français des affaires étrangères de 2001 à 2003¹.

Le présent rapport décrit les activités réalisées par le CIRAD de 2005 à 2009 pour atteindre ces objectifs et les principaux résultats obtenus à la fois dans le domaine de la prévention des invasions du criquet migrateur et dans celui de l'écologie du criquet nomade.

Les personnels clés liés au développement des activités du CIRAD ont été, d'une part, J.F. Duranton et A. Decherf en charge des activités liées au développement du SIG et à la cartographie des biotopes du Criquet migrateur, et d'autre part, M. Lecoq et M.H. Luong-Skovmand en charge des activités liées aux recherches sur le Criquet nomade dans le sud de Madagascar. P.E. Gay, en poste à Montpellier, a apporté un appui conséquent au traitement des données obtenues dans le cadre du projet.

Aurélia Decherf a été recrutée du 1/1/2006 au 31/12/2007 avec le statut de VIE (volontaire international en entreprise), et affectée à Madagascar au sein du Centre national antiacridien à Betioky-Sud. Elle a ensuite bénéficiée d'un contrat CIRAD de 16 mois et affectée à Montpellier du 1/1/2008 au 30/6/2009 (soit un total de 36 mois au lieu des 20 initialement prévus). Les autres participants CIRAD sont intervenus sous la forme de missions d'appui auprès du CNA. Les analyses de données ont été réalisées en France, au CIRAD, dans les locaux de l'unité d'acridologie et avec l'appui technique de la Maison de la télédétection de Montpellier pour ce qui est des analyses d'imagerie satellitaire.

Les activités du CIRAD ont été réalisées en étroite concertation avec le CNA et sa Cellule de recherche opérationnelle et environnementale, ainsi qu'avec la collaboration toute particulière de sa Section surveillance, de son responsable (successivement MM. Andriamaroahina Tsiotahina et Hardy Solofonaina) et de ses divers collaborateurs. Par ailleurs, divers travaux ont bénéficié de l'appui des chefs de poste et chef de zone antiacridiennes du CNA.

Enfin, diverses études ont été réalisées par des étudiants en DEA ou en master encadrés par le CIRAD. Deux étudiants de l'Université de Tuléar, Arsène Indriambelo et Abdou Chamouine, ont travaillé sur le criquet nomade et ont largement bénéficié de l'appui des chefs de zone et chef de poste acridiens du CNA lors de leurs déplacements sur le terrain. Jean-Baptiste Borot, étudiant en master 2 de l'Université de Nantes, a travaillé sur certains aspects liés à l'incertitude des prévisions du système d'information géographique dédié au criquet migrateur.

¹ Franc A., Andriamaroahina T.R., Duranton J.F., Lecoq M., Legros Y., Luong-Skovmand M.H., Rabesisoa F.L., Randriamifidimanana H., Solofonaina Hardy, 2004. *La lutte préventive antiacridienne à Madagascar. Les actions du CIRAD dans le cadre du Projet français de contribution à la lutte antiacridienne 2001-2003. Rapport final.* Projet français de contribution à la lutte antiacridienne. Centre National Antiacridien, Tuléar, Madagascar / Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, Montpellier, France. 135 p.

La liste complète des missions effectuées à Madagascar par les agents du CIRAD de même que la liste des documents et rapports produits sous la responsabilité du CIRAD pendant le projet est fournie ci-dessous.

Le présent rapport final est divisé en deux parties. La première traite de l'écologie du Criquet nomade et la seconde des aspects SIG et outil de surveillance pour le Criquet migrateur.

Détail des missions CIRAD effectuées à Madagascar dans le cadre du projet PLPA.

	Début	Fin	Durée (Jours)
2005			
Lecoq M.	06/11/2005	28/11/2005	23
2006			
Duranton J.F.	13/03/2006	29/05/2006	78
Lecoq M.	27/03/2006	22/04/2006	27
Luong-Skovmand M.H.	03/05/2006	25/05/2006	23
Duranton J.F.	04/09/2006	04/11/2006	62
Lecoq M.	05/11/2006	03/12/2006	29
Luong-Skovmand M.H.	11/11/2006	03/12/2006	24
2007			
Duranton J.F.	12/03/2007	30/4/2007	50
Lecoq M.	09/04/2007	28/04/2007	20
Duranton J.F.	07/08/2007	10/10/2007	44
Lecoq M.	06/11/2007	03/12/2007	28
2008			
Luong-Skovmand M.H.	02/03/2008	22/03/2008	21
Duranton J.F.	15/09/2008	11/10/2008	26
Decherf A.	15/09/2008	16/10/2008	30
2009			
Lecoq M.	16/09/2009	24/09/2009	09
Ponzo N. (prévision)	04/12/2009	12/12/2009	08
Missions CNA en France (sur financement CIRAD)			
Andriamaroahina T.	14/06/2009	19/07/2009	35
Solofoniaina H.	06/07/2009	19/07/2009	14

NB. Les durées en jours tiennent compte du fait que certaines missions à Madagascar n'ont pas été entièrement consacrées au contrat avec le FOFIFA (J.F. Duranton, en particulier, a réalisé des travaux dans le cadre d'un contrat d'assistance technique pour le projet PLPA).

Liste des documents édités par le CIRAD dans le cadre des travaux au sein du PLPA.

Rapports

(les documents surlignés en jaune correspondent aux rapports d'avancement des travaux)

Decherf A., 2006. Rapport d'activité pour la période janvier à juillet 2006. Convention de collaboration FOFIFA – CIRAD. Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, Montpellier, France. 10 p.

Duranton J.-F., 2006. Rapport de la 1^{ère} mission PLPA volet SIG-LMc (13 mars-29 mai 2006). Appui du CIRAD au Centre National Antiacridien malgache dans le cadre du Projet de lutte préventive antiacridienne. Convention de collaboration FOFIFA – CIRAD. CIRAD-AMIS n° 12/2006. Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, Montpellier, France. 39 p.

Duranton J.-F., 2006. Rapport de la 2^{ème} mission PLPA volet SIG-Lmc (4 septembre-4 novembre 2006). Appui du Cirad au Centre National Antiacridien malgache dans le cadre du Projet de lutte préventive antiacridienne. Convention de collaboration FOFIFA - CIRAD. Cirad-amis, N° 20/2006. Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, Montpellier, France. 43 p.

Duranton J.-F., 2007. Rapport de la 3^{ème} mission PLPA, volet SIG-LMC (12 mars-30 avril 2007). Appui au Centre National Anti-acridien malgache dans le cadre du Projet de lutte préventive antiacridienne. Convention de collaboration FOFIFA-CIRAD. Rapport CIRAD-BIOS n° 37/2007. Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, Montpellier, France. 51 p.

Duranton J.-F., 2007. *Rapport de la 4^{ème} mission PLPA-FOFIFA volet SIG-Lmc à Madagascar (21 sept - 10 octobre 2007)*. Appui du CIRAD au Centre National Antiacridien malgache dans le cadre du Projet de lutte préventive antiacridienne. Convention de collaboration FOFIFA – CIRAD. Rapport CIRAD-BIOS n° 2007-44. Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, Montpellier, France. 34 p.

Duranton J.-F., 2007. *Rapport de la 5^{ème} mission PLPA-FOFIFA volet SIG-Lmc à Madagascar (15 sept - 11 octobre 2008)*. Appui du CIRAD au Centre National Antiacridien malgache dans le cadre du Projet de lutte préventive antiacridienne. Convention de collaboration FOFIFA – CIRAD. Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, Montpellier, France. (en préparation)

Lecoq M., 2005. Premier rapport sur les travaux du CIRAD en appui au Centre national antiacridien malgache dans le cadre du Projet de lutte préventive antiacridienne. Convention de collaboration FOFIFA – CIRAD. Rapport initial. Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, Montpellier, France. 62 p.

Lecoq M., 2006. Rapport de mission à Madagascar en appui au Centre National Antiacridien malgache dans le cadre du Projet de lutte préventive antiacridienne (27 mars au 22 avril 2006). Convention de collaboration FOFIFA – CIRAD. CIRAD- AMIS n° 4/2006. Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, Montpellier, France. 42 p.

Lecoq M., 2006. *Rapport d'activité 2005-2006 et programme de travail 2006-2007. Appui du CIRAD au Centre National Antiacridien malgache dans le cadre du Projet de lutte préventive antiacridienne. Convention de collaboration FOFIFA – CIRAD.* CIRAD-AMIS 11/2006. Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, Montpellier, France. 39 p.

Lecoq M., 2006. *Rapport de mission à Madagascar en appui au Centre National Antiacridien malgache dans le cadre du Projet de lutte préventive antiacridienne* (5 novembre au 3 décembre 2006). Convention de collaboration FOFIFA – CIRAD. CIRAD- AMIS n° 22/2006. Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, Montpellier, France. 25 p.

Lecoq M., 2007. *Rapport de mission à Madagascar en appui au Centre National Antiacridien malgache dans le cadre du Projet de lutte préventive antiacridienne* (10 au 28 avril 2007).

Convention de collaboration FOFIFA - CIRAD. CIRAD-BIOS n°31/2007. Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, Montpellier, France. 17 p.

Lecoq M., 2007. *Rapport d'activité 2006-2007 et programme de travail 2007-2008. Appui du CIRAD au Centre National Antiacridien malgache dans le cadre du Projet de lutte préventive antiacridienne. Convention de collaboration FOFIFA – CIRAD. CIRAD-BIOS N° 38/2007. Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, Montpellier, France. 75 p.*

Lecoq M., 2007. *Rapport de mission à Madagascar en appui au Centre National Antiacridien dans le cadre du Projet de lutte préventive antiacridienne* (6 novembre au 3 décembre 2007). Convention de collaboration FOFIFA – CIRAD. CIRAD-BIOS n° 42/2007. Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, Montpellier, France. 30 p.

Luong-Skovmand M.H., 2006. *Rapport de mission à Madagascar en appui au Centre National Acridien malgache dans le cadre du Projet de lutte préventive antiacridienne*. 3 au 25 mai 2006. Convention de collaboration FOFIFA – CIRAD. CIRAD-Amis n°8/2006. Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, Montpellier, France. 22 p.

Luong-Skovmand M.H., 2006. *Compte rendu de mission à Madagascar. Appui du CIRAD au Centre National Acridien malgache dans le cadre du Projet de lutte préventive antiacridienne* (11 novembre au 3 décembre 2006). Convention de collaboration FOFIFA – CIRAD. CIRAD- AMIS n° 23/2006. Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, Montpellier, France. 20 p.

Luong-Skovmand M.H., 2008. *Rapport de mission à Madagascar en appui au Centre National Antiacridien dans le cadre du Projet de lutte préventive antiacridienne* (Du 2 au 22 mars 2008). Convention de collaboration FOFIFA – CIRAD. CIRAD – BIOS n° 2008/3. Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, Montpellier, France, 18 p.

Posters

CIRAD, 2007. *Le projet de lutte préventive antiacridienne (PLPA). Les actions du CIRAD : le criquet nomade*. Poster réalisé pour une présentation du projet PLPA à Antananarivo (hôtel Hilton) en mars 2007.

CIRAD, 2007. *Le projet de lutte préventive antiacridienne (PLPA). Les actions du CIRAD : le criquet migrant*. Poster réalisé pour une présentation du projet PLPA à Antananarivo (hôtel Hilton) en mars 2007.

Présentations

Decherf A., Andriamaroahina T., 2007. *Problématique de l'influence de la modification des conditions éco-mésologiques sur la dynamique des populations acridiennes*. Présentation réalisée lors d'un atelier de travail du CNA.

Communications dans des congrès scientifiques

Decherf A., Franc A., Andriamaroahina T., Duranton J.F., 2008. A GIS to assess different Malagasy migratory locust risks. 23^e Conférence internationale d'Entomologie, Durban (Afrique du Sud), 6-12 juillet 2008. Entomological Society of Southern Africa.

Lecoq M., Gay P.-E., Luong-Skovmand M.H., 2009. *Red locust in Southern Madagascar: suitable conditions for outbreaks and gregarious areas*. 10th International Congress of Orthopterology, Antalya, Turkey, June 21-25, 2009.

Lecoq M., Chamouine A., Luong-Skovmand M.H., 2009. *Red locust phases in Madagascar*. 10th International Congress of Orthopterology, Antalya, Turkey, June 21-25, 2009.

Mémoires diplômants préparés au sein du PLPA sous encadrement du CIRAD

Borot Jean-Baptiste, 2008. *Gestion de l'incertitude associée aux interpolations dans le cadre d'un SIG d'alerte précoce contre les pullulations du criquet migrateur malgache, Locusta migratoria capito (Saussure, 1884)*. Mémoire de Master Cartographie et gestion des espaces à forte contrainte. Université de Nantes, France. 138 p.

Chamouine Abdou, 2008. *Etude de la pigmentation des larves de criquet nomade en relation avec la phase*. Mémoire de Diplôme d'étude approfondie. Option Biodiversité et Environnement. Département des sciences biologiques. Faculté des sciences. Université de Tuléar, Madagascar. 60 p.

Indriambelo Arsène, 2007. *Enquêtes sur l'écologie du criquet nomade dans l'extrême sud de Madagascar*. Mémoire de Diplôme d'étude approfondie. Option Biodiversité et Environnement. Département des sciences biologiques. Faculté des sciences. Université de Tuléar, Madagascar. 92 p.

Stage professionnel

Andriamaroahina Tsitohahina : Montpellier (France), 2 mois du 17 mai au 12 juillet 2008. Sujet : mise au point du SIG dédié au Criquet migrateur. Financement : bourse d'accueil CIRAD.

Andriamaroahina Tsitohahina : Montpellier (France), 2 mois du 14 juin au 19 juillet 2009. Sujet : mise au point du SIG dédié au Criquet migrateur. Financement : bourse d'accueil CIRAD.

Solofoniaina Hardy : Montpellier (France), 2 semaines du 06 au 19 juillet 2009. Sujet : données météorologiques et mise au point du SIG dédié au Criquet migrateur. Financement : bourse d'accueil CIRAD.

Liste des matériels achetés par le CIRAD et mis à disposition du CNA

Matériel pour la collecte et la conservation d'échantillons acridiens

75	Filets de capture
75	Sacs de capture
25	Flacons à cyanure
25	Trousses à dissection
250	Couches entomologiques
50	Boîtes cartonnées

(Matériel remis en début 2006 ; d'autres couches et boîtes ont été livrés ultérieurement pour couvrir les besoins des campagnes de collectes successives).

Matériel informatique divers

dénomin ation	type de matériel	marque	N° code barre (C/T)	quantité	état
carton 1	ordinateur de bureau	HP compaq	HUB5411OLO	1	Très Bon Etat
	câble d'alimentation via l'onduleur			1	Très Bon Etat
	clavier câblé	HP KB-0316	B93BB0AVBRY2W2	1	Très Bon Etat
	souris câblée	HP	F93AA0AN3RPONJI	1	Très Bon Etat
	manuel d'installation	HP invent	359503-A22	1	Très Bon Etat
	manuel de garantie	HP	339084-A24	1	Très Bon Etat
	prise "antiflash"			1	Très Bon Etat
	multiprise 5 prises + interrupteur			1	Très Bon Etat
	enceintes (x2) + alimentation	Arrow		1	Très Bon Etat
carton 2	écran plat 19 pouces + support	HP L1906		1	Très Bon Etat
	câble d'alimentation via l'onduleur			1	Très Bon Etat
	câble connection parallèle			1	Très Bon Etat
carton 3	onduleur on line	UPS 200 VA	RX223A0043	1	Très Bon Etat
	câble d'alimentation secteur			1	Très Bon Etat
	câbles d'alimentation périphériques			3	Très Bon Etat
	manuel d'installation et d'utilisation	UPS	614-06309-02	1	Très Bon Etat
	manuel de consignes de sécurité	UPS	614-20197-01	1	Très Bon Etat
	multiprise cconnection périphériques			1	Très Bon Etat
carton 4	imprimante couleur A3+	HP Deskjet 1280	CN59NJ504C	1	Très Bon Etat
	câble d'alimentation secteur			1	Très Bon Etat
	câble connection USB2			1	Très Bon Etat
	cd installation	HP Deskjet 1280	C8173-10002	1	Très Bon Etat
	manuel d'intallation et d'utilisation	HP Deskjet 1280	C8173-90006	1	Très Bon Etat
carton 5	imprimante / scanner	HP PSC 1500	MY569BC26M Q588A [19]	1	Très Bon Etat
	câble d'alimentation secteur			1	Très Bon Etat
	câble connection USB2			1	Très Bon Etat
	manuel d'intallation et d'utilisation	HP PSC 1500	Q5888-90196	1	Très Bon Etat
carton 6	lecteur / graveur CD&DVD externe	Philips	867000030802	1	Très Bon Etat
	câble d'alimentation du lecteur/graveur			1	Très Bon Etat
	câble de connection USB2			1	Très Bon Etat
	cartouches d'impression noire	HP invent 45		5	neuf
	cartouches d'impression couleur	HP invent 78		5	neuf
	cartouches d'impression noire	HP invent 131		5	neuf
	cartouches d'impression couleur	HP invent 135		3	neuf

Première partie

Ecologie du criquet nomade

M. Lecoq, M.H. Luong-Skovmand, P.E. Gay

Table des matières

Introduction générale.....	29
Chapitre 1 - Caractérisation des phases du criquet nomade	31
Introduction.....	31
1. Caractérisation de la phase des larves du Criquet nomade.....	32
1.1. Méthode et protocole d'étude	32
1.1.1. Conception générale	32
1.1.2. Choix des sites de relevés	32
1.1.3. Collecte et description des échantillons	33
1.2. Résultats.....	36
1.2.1. Les informations collectées.....	36
1.2.2. L'analyse des données.....	36
1.2.2.1. La classification des variables (caractères pigmentaires) en fonction de leurs coordonnées factorielles	38
1.2.2.2. La classification des observations (individus larvaires) en fonction de leurs coordonnées factorielles	40
1.2.3. La typologie des larves du Criquet nomade.....	40
1.2.3.1. Relation entre types pigmentaires et densité de la population larvaire	41
1.2.3.2. Description des types pigmentaires.....	43
1.2.3.3. Les classes de pigmentation larvaire pouvant être utilisées pour décrire, dans la pratique, la phase des individus	46
Conclusions	47
2. Caractérisation de la phase chez les imagos du criquet nomade	53
2.1. Problématique.....	53
2.2. Méthode.....	53
2.3. Résultats.....	54
Conclusions générales sur l'étude de la phase du criquet nomade.....	61
Chapitre 2 - Dynamique des populations du criquet nomade	63
Introduction.....	63
1. Suivi de la dynamique des populations du criquet nomade à Ankiliarivo	64
1.1. Méthode.....	64
1.2. Résultats.....	68
1.2.1. Les conditions écologiques sur le site d'étude de décembre 2005 à mai 2008	68
1.2.2. Le cycle du criquet nomade sur Ankiliarivo de décembre 2005 à mai 2008.....	70
1.2.2.1. La succession des générations et les migrations	70
1.2.2.2. Le développement larvaire.....	72
1.2.2.3. Les imagos : diapause ovarienne, maturation sexuelle et ponte.....	77
1.2.2.4. Le taux de reproduction	77
Conclusions.....	78
2. Enquêtes en milieu paysan dans l'extrême sud	80
2.1. Le protocole général des enquêtes	80
2.1.1. La zone d'étude.....	80
2.1.2. La conception générale des enquêtes	80
2.1.3. La fiche d'enquête	81
2.1.4. Le choix des villages enquêtés	81
2.1.5. Le choix des interlocuteurs	81
2.2. Résultats et discussion	86

2.2.1. Itinéraires prospectés et villages enquêtés	86
2.2.2. Noms locaux du criquet nomade	86
2.2.3. Distribution du criquet nomade dans l'extrême sud	87
2.2.4. Cycle biologique du criquet nomade dans l'extrême-sud.....	89
2.2.5. Les habitats du criquet nomade	94
2.2.5.1. Types de végétation (cultures et végétation naturelle)	94
2.2.5.2. Nature du sol et humidité du milieu.....	97
2.2.6. Les formations grégaires et les dégâts	98
2.2.7. Les préférences alimentaires du Criquet nomade.....	99
2.2.8. Méthodes de lutte	100
2.2.9. Typologie générale des points d'enquête et division du SW selon l'écologie du criquet nomade.....	101
Conclusions	103
3. Analyse des archives récentes du Centre national antiacridien.....	104
Introduction.....	104
3.1. Méthodologie générale	104
3.1.1. Programme de travail	104
3.1.2. Collecte des données	105
3.1.2.1. Les données acridiennes	105
3.1.2.2. Les données pluviométriques	106
3.1.2.3. Autres données : végétation et sol.....	107
3.1.2.4. Difficultés rencontrées pour l'obtention des données	111
3.1.3. Critique des données, procédures de vérification et variables retenues pour analyse ..	111
3.1.3.1. Données originales	111
3.1.3.2. Principaux problèmes rencontrés.....	111
3.1.3.3. Corrections apportées aux données	113
3.1.3.4. Données retenues pour l'analyse	114
3.2. Analyse des données et résultats.....	114
3.2.1. Distribution géographique saisonnière des larves et des imagos et relation avec les pluies	115
3.2.1.1. Méthode et données analysées	115
3.2.1.2. Résultats	116
3.2.1.2.1. Distribution saisonnière des larves et des imagos	116
3.2.1.2.2. Une aire grégarigène du criquet nomade dans le sud malgache.....	117
3.2.1.2.3. Corrélations entre distribution acridienne et pluies	117
3.2.2. Le cycle biologique du criquet nomade dans diverses localités du sud malgache ...	125
3.2.2.1. Méthode et données analysées	125
3.2.2.2. Résultats	125
3.2.2.2.1. Les types de cycles biologiques du criquet nomade	125
3.2.2.2.2. La régionalisation du sud malgache en fonction des types de cycles biologiques du criquet nomade.....	131
3.2.3. Les taux de reproduction du criquet nomade dans diverses localités du sud malgache	137
3.2.3.1. Méthode et données analysées	137
3.2.3.2. Résultats	137
3.2.3.2.1. Les taux de reproduction du criquet nomade	137
3.2.3.2.2. Relations entre taux de reproduction et pluies	143
Conclusions sur l'analyse des archives du Centre antiacridien	150
Conclusions générales	151
Quelques références bibliographiques sur le criquet nomade.....	154
Annexes.....	155
Annexe 1. Le cas du plateau de Belomotra	157
Annexe 2. Cycle biologique du criquet nomade sur les stations les plus prospectées par le CNA pour les années 2004-2005 et 2005-2006	159
Annexe 3. Cartes de distribution mensuelle des populations imaginaires et larvaires de criquets nomades pour les saisons 2001-2002 à 2005-2006.	291

Tables des illustrations

Figures

Figure 1.	Carte de localisation des sites d'échantillonnage des populations larvaires.	33
Figure 2.	Codification de la pigmentation des larves.	34
Figure 3.	Fiche de notation pour l'étude de la pigmentation larvaire du Criquet nomade.	35
Figure 4.	Classement des échantillons de populations larvaires en fonction de la densité de larves.	36
Figure 5.	Résultat de l'analyse des correspondances multiples sur le tableau [individus x variables pigmentaires]. Plan des deux premiers axes factoriels.	37
Figure 6.	Résultat de la classification des variables selon leurs coordonnées factorielles sur les 5 premiers axes résultant de l'analyse du tableau [individus x variables pigmentaires].	39
Figure 7.	Les 15 classes de variables pigmentaires résultant de l'analyse du tableau [individus x variables pigmentaires].	39
Figure 8.	Les 15 classes de larves résultant de l'analyse du tableau [individus x variables pigmentaires].	40
Figure 9.	Pour chaque classe pigmentaire, fréquence d'apparition dans les différentes classes de densité larvaire.	42
Figure 10.	Pourcentage des divers types pigmentaires dans chaque classe de densité larvaire.	42
Figure 11.	Fiches descriptives des 4 classes principales de larves : solitaires, solitaro-transiens, transiens et grégaires.	47
Figure 12.	Bande larvaire de criquet nomade observée le 2 février 2008 dans les clairières du plateau Mahafaly (photos. A. Chamouine, CIRAD).	52
Figure 13.	Fiches descriptives de 2 des 3 classes principales d'imagos : solitaires et grégaires.	55
Figure 14.	Exemple d'abaque morphométrique pour l'étude de la phase des imagos de criquet nomade.	59
Figure 15.	Essais de criquets de différentes densités : faible, moyenne et forte.	60
Figure 16.	La fiche pour consigner les observations sur le criquet nomade lors des prospections réalisées sur la station d'Ankiliarivo.	65
Figure 17.	La station d'Ankiliarivo en fin de saison des pluies, en avril 2007.	67
Figure 18.	Analyse d'échantillons de criquet nomade par l'assistant de recherche chargé des prospections sur la station d'Ankiliarivo, près de Betioky.	67
Figure 19.	Evolution de la pluviométrie et de l'état du tapis végétal sur le site d'Ankiliarivo.	68
Figure 20.	Evolution de la température de l'air au village d'Ankiliarivo, à 1km du site d'observation.	69
Figure 21.	Evolution de l'humidité de l'air au village d'Ankiliarivo, à 1km du site d'observation.	69
Figure 22.	Fréquence mensuelle des feux de brousse sur le site d'Ankiliarivo, de janvier 2006 à mai 2008.	70
Figure 23.	Evolution des densités de criquets nomades sur le site d'Ankiliarivo de décembre 2005 à mai 2008.	71
Figure 24.	Evolutions comparées de la densité d'imagos de criquets nomades, du degré de verdissement de la végétation et de la température de l'air sur le site d'Ankiliarivo.	71
Figure 25.	Evolution des densités de larves de criquets nomades en 2006, 2007 et 2008 sur le site d'Ankiliarivo.	73
Figure 26.	Evolution des densités des divers stades larvaires en 2006, 2007 et 2008 sur le site d'Ankiliarivo.	74
Figure 27.	Evolution du pourcentage des différents stades larvaires au cours des années 2006, 2007 et 2008 sur le site d'Ankiliarivo.	76
Figure 28.	Evolution de la maturité sexuelle des populations femelles.	79
Figure 29.	Discussion avec un agriculteur au cours des enquêtes dans d'Androy.	82
Figure 30.	La fiche d'enquête (voir pages suivantes).	82
Figure 31.	Localisation géographique des points d'enquête. Noms des villages et limites des quatre régions distinguées au sein de la zone d'étude.	87
Figure 32.	Distribution des ailés, des larves et des pontes du criquet nomade dans l'extrême sud et fréquence mensuelle de signalisation de chaque état.	88
Figure 33.	Carte des fréquences mensuelles de signalisation des pontes, des larves et des imagos (juillet à décembre).	89
Figure 34.	Pourcentages mensuels de signalisations de larves (ronds), d'ailés (carrés) et d'accouplements/pontes (triangles) de criquets nomades par les personnes enquêtées dans l'extrême sud.	90
Figure 35.	Pourcentages mensuels de signalisations de larves (ronds), d'adultes (carrés) et d'accouplements/pontes (triangles) de criquets nomades par les personnes enquêtées dans l'extrême sud de Madagascar, selon la zone géographique : Manambien, Androy, Karimbola, Mahafaly.	91
Figure 36.	Pourcentages mensuels de signalisations de larves (ronds), d'adultes (carrés) et d'accouplements/pontes (triangles) de criquets nomades (d'après Lecoq et al., 2006).	93
Figure 37.	Nouvelle division du sud-ouest de Madagascar en fonction du cycle du criquet nomade, sur la base des données de Lecoq et al. (2006) modifiées en tenant compte des résultats des présentes enquêtes.	94
Figure 38.	Fréquence de signalisation de présence des larves et des ailés de criquet nomade dans les cultures et la végétation naturelle.	95

Figure 39. Fréquence de signalisation des ailés et des larves de criquet nomade en fonction des types de sols dans l'extrême sud.	97
Figure 40. Fréquence de signalisation des ailés et des larves de criquet nomade en fonction de l'humidité du milieu dans l'extrême sud.	97
Figure 41. Signalisation des dégâts selon leur importance estimée par les personnes interrogées.	98
Figure 42. Fréquence de signalisation de dégâts des larves et des ailés de criquet nomade dans les cultures.	99
Figure 43. Préférences alimentaires des ailés du criquet nomade.	100
Figure 44. Préférences alimentaires des larves du criquet nomade.	100
Figure 45. Analyse factorielle des correspondances du bloc de données concernant les habitats et la fréquence saisonnière des différents stades biologiques du criquet nomade. Représentation sur le plan factoriel 1-2.	102
Figure 46. Classification des points d'enquête selon leurs coordonnées sur les axes factoriels 1 à 3 issus de l'analyse du bloc de données concernant les habitats et la fréquence saisonnière des différents stades biologiques du criquet nomade.	102
Figure 47. Cartographie des points d'enquête en fonction de la classification selon leurs coordonnées sur les axes factoriels 1 à 3.	103
Figure 48. La fiche de prospection acridienne utilisée par le CNA pour la collecte des informations.	107
Figure 49. Exemple de carte de répartition des populations de criquet nomade (archives du CNA vérifiées et traitées avec le logiciel Map Info) (carte de mars 2005).	116
Figure 50. Exemple de carte pluviométrique tracée à partir de la base de données du CNA, vérifiée et corrigée à partir des données du SAP (logiciel Map Info) (carte de décembre 2005).	116
Figure 51. Distribution mensuelle des larves de criquets nomades dans le sud de Madagascar.	118
Figure 52. Distribution mensuelle des imagos de criquets nomades dans le sud de Madagascar.	118
Figure 53. Interprétation de la situation du criquet nomade en septembre 2006.	121
Figure 54. Résultat de l'analyse de co-inertie sur le tableau de données [prospection x variables (criquets+pluies)] : représentation des variables sur le plan défini par les deux premiers axes factoriels.	122
Figure 55. Résultat de l'analyse de co-inertie sur le tableau de données [prospection x variables (criquets + pluies)] : représentation des corrélations entre les variables.	122
Figure 56. Résultat de l'analyse de co-inertie sur le tableau de données [prospection x variables (criquets DL et DI + pluies en 12 classes d'intensité successivement pour P0, P-1, P-2, P-3 et P-4)]	123
Figure 57. Densité larvaire moyenne en fonction de la pluviométrie du mois en cours (P0) et du mois précédent (P-1).	124
Figure 58. Densité imaginale moyenne en fonction de la pluviométrie des mois P-3 et P-4.	124
Figure 59. Exemple de dynamique des populations sur quelques stations de l'aire limite sud (type 1).	128
Figure 60. Exemple de dynamique sur quelques stations des aires de reproduction (type 2).	129
Figure 61. Exemple de dynamique des populations sur quelques stations des aires refuge de saison sèche (type 3).	130
Figure 62. Cartographie des types de cycles biologiques du criquet nomade observés dans le sud malgache en 2004-2005 et 2005-2006.	132
Figure 63. La régionalisation du sud malgache en fonction de l'écologie du criquet nomade.	134
Figure 64. Evolution du couvert ligneux dans le sud de Madagascar au cours des années récentes.	135
Figure 65. Localisation des zones de pullulations larvaires (2000 – 2007).	136
Figure 66. Géologie simplifiée du Sud malgache et zones de reproduction et de pullulation du criquet nomade.	136
Figure 67. Divers taux de réussite de la reproduction au cours de la saison 2004-2005.	139
Figure 68. Divers taux de réussite de la reproduction au cours de la saison 2005-2006.	141
Figure 69. Résultat de l'analyse factorielle des correspondances du tableau [118 observations x 10 variables].	144
Figure 70. Cartographie de divers indices de réussite du développement du criquet nomade dans le sud malgache en 2004-2005 et relation avec la pluviométrie annuelle.	146
Figure 71. Cartographie de divers indices de réussite du développement du criquet nomade dans le sud malgache en 2005-2006.	147
Figure 72. Comparaison entre les pluviométries de 2004-2005 et 2005-2006 sur le sud-ouest de Madagascar.	148
Figure 73. Comparaison des indices de réussite de la reproduction du criquet nomade entre 2004-2005 et 2005-2006.	148
Figure 74. Relation entre forte pluviométrie et taux global de la reproduction.	148
Figure 75. Cartes pluviométriques mensuelles des années 2004-2005 et 2005-2006.	149
Figure 76. Les zones de reproduction et de grégarisation du criquet nomade dans le sud de Madagascar.	153

Tableaux

Tableau 1. Les classes de variables pigmentaires (15 classes).	38
Tableau 2. Les classes de variables pigmentaires (7 classes).	38
Tableau 3. Répartition des 15 classes pigmentaires de larves en fonction de la densité de la population larvaire.	41
Tableau 4. Pourcentage de chaque modalité de variable dans chacune des classes pigmentaires de larves	44
Tableau 5. Pourcentage de chaque modalité de variable dans chacune des classes de densité larvaire.	45
Tableau 6. Résumé des caractères pigmentaires des 4 classes principales de larves : solitaires, solitario-transiens, transiens et grégaires.	46
Tableau 7. Utilisation des rapports E/F et F/C pour détermination de la phase des imagos de criquets nomades.	55
Tableau 8. Durée totale du développement larvaire.	75
Tableau 9. Durée de chaque stade larvaire.	75
Tableau 10. Durée de présence des stades larvaires.	75
Tableau 11. Evaluation de la réussite de la reproduction du criquet nomade sur Ankiliarivo au cours des 3 années d'étude.	79
Tableau 12. Codification des noms de variables.	85
Tableau 13. Liste des principales plantes - cultures, friches et types de végétation naturelle - sur lesquels le criquet nomade a été signalé au cours des enquêtes.	96
Tableau 14. Bilan des données acridiennes extraites de la base du CNA pour analyse.	106
Tableau 15. Les données sur le criquet nomade extraites de la base du CNA par la section surveillance à la demande du CIRAD.	110
Tableau 16. Type de cycle biologique moyen du criquet nomade pour 85 localités du sud malgache.	133
Tableau 17. Taux moyen de réussite de la reproduction sur l'ensemble des stations étudiées du sud malgache en 2004-2005 et 2005-2006.	137
Tableau 18. Divers taux de réussite de la reproduction sur les stations les plus prospectées au cours de la saison 2004-2005.	140
Tableau 19. Divers taux de réussite de la reproduction sur les stations les plus prospectées au cours de la saison 2005-2006. (-1 indique l'impossibilité de calculer les taux)	142
Tableau 20. Classes retenues pour l'analyse des relations pluies / taux de reproduction.	143

Introduction générale

Le Criquet nomade, *Nomadacris septemfasciata* (Serville, 1838) [Orthoptera, Acrididae, Cyrtacanthacridinae], tire son nom de son comportement. Il est également appelé le Criquet rouge (Red locust, en anglais) à cause de la couleur de ses ailes, mais aussi de la teinte rouge foncé des individus grégaires observés dans les essaims. A Madagascar, où cette espèce constitue depuis fort longtemps un problème important et chronique de défense des cultures, il est fréquemment appelé « valala mena ». Les premiers vols grégaires de ce criquet ont été signalés dès les années 1930 (Frappa, 1935-1936). Depuis, par l'importance des dégâts causés aux cultures et l'ampleur de ses déplacements en vols spectaculaires, il a continué à créer bien des inquiétudes. Il s'agit, après le Criquet migrateur, *Locusta migratoria capito* (Saussure), de la deuxième espèce acridienne d'importance économique dans la Grande Ile (Têtefort et Wintrebert, 1967).

Cet insecte a été bien étudié en Afrique, en particulier grâce à l'International Red Locust Control Organization (IRLCO) organisation internationale africaine chargée de la surveillance et de la lutte contre ce criquet (Bahana, 2000). A Madagascar, jusqu'à la fin du 20^{ème} siècle, peu de travaux lui avaient été consacrés. Parmi ces travaux, on ne pouvait guère citer à l'époque que ceux de Frappa dans les années 1930 (1935, 1936, 1938), puis de Têtefort et Wintrebert (1963, 1967) et de Randrianasolo (1978), ces deux derniers réalisés dans la même localité, à Betioky-Sud, au voisinage du centre antiacridien malgache.

Les pullulations de grande ampleur ayant accompagné la récente invasion du Criquet migrateur de 1996 à 2000, ont mis en évidence l'insuffisance des connaissances sur ce ravageur rendant difficile l'adoption d'une stratégie de lutte adéquate (Luong-Skovmand et al. 2004). Ses dommages se sont récemment étendus très largement dans la zone nord du pays, sans doute sous l'influence de l'anthropisation croissante.

Dès 2001, devant le manque de données sur l'écologie du criquet nomade, des travaux de recherche ont été engagés sur cette espèce en collaboration entre le Centre antiacridien malgache et le CIRAD. Ces travaux ont été tout d'abord réalisés dans le cadre du Projet de contribution à la lutte antiacridienne (le PCLA) financé par la France de 2001 à 2003 (Franc et al., 2005 ; Lecoq et al. 2006). Ils ont été poursuivis dans le cadre de l'actuel projet de lutte préventive antiacridienne (le PLPA), de 2005 à 2009, en collaboration entre le CNA, le FOFIFA et le CIRAD.

Les divers travaux réalisés au sein du PLPA ont permis de continuer à faire progresser les connaissances sur le criquet nomade et d'apporter des informations sur deux aspects clés : les phases et la dynamique des populations. La caractérisation de l'état phasaire des populations larvaires et imaginaires fait l'objet du premier chapitre. La dynamique des populations et les facteurs de pullulation du criquet nomade sont traités dans le deuxième chapitre. Les connaissances nouvelles présentées devraient permettre au CNA de mieux organiser sa stratégie de surveillance et de lutte contre cette espèce et des recommandations sont formulées en ce sens.

Chapitre 1 - CARACTERISATION DES PHASES DU CRIQUET NOMADE

Introduction

La reconnaissance de l'état phasaire des individus et des populations de criquets nomades pose de sérieux problèmes à Madagascar et une étude spécifique a été conduite dans le cadre du projet afin de préciser le phénomène phasaire, et tout spécialement les critères de reconnaissance des phases, tant chez les larves que chez les imagos.

Le Criquet nomade appartient à la catégorie des locustes, c'est-à-dire qu'il peut se présenter sous deux phases, grégaire ou solitaire, selon les conditions de son environnement, les phases intermédiaires étant qualifiées de *transiens congregans* ou *degregans*. Les différences phasaires sont très profondes : le comportement, l'écologie, la morphologie, la physiologie sont affectés. L'amplitude des changements dépend de l'importance de la variation de densité subie par la population de criquets. Ces modifications sont renforcées à la génération suivante si la densité évolue dans le même sens. On estime que les premières manifestations de grégarisation chez le Criquet nomade sont observées à partir de densités de l'ordre de 5000 imagos par hectare (Franc et al., 2005), ce qui est assez élevé. A titre de comparaison, une densité de 500 imagos par hectare semble suffire à déclencher la grégarisation du Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* Forskål (1775), et il en faut environ 2000/hectare pour le Criquet migrateur, *Locusta migratoria* L. 1758. De plus, il est généralement admis qu'il faut 3 générations de criquets nomades ayant vécu en conditions grégarisantes - c'est-à-dire à des densités supérieures au seuil de grégarisation - pour obtenir des individus véritablement grégaires et non pas seulement la forme *transiens* intermédiaire.

A Madagascar, Roblot (1951) et Roy (1965) considéraient que la phase grégaire extrême ne semble pas pouvoir s'exprimer et que, dans cette île, du fait de conditions écologiques supposées moins propices à la grégarisation qu'en Afrique, le phénomène de grégarisation s'arrête à une phase *transiens congregans* avancée. Cette hypothèse est restée en vigueur pendant de nombreuses années, à tel point que les fiches d'observation du centre antiacridien ne faisaient même plus mention de la possibilité d'observer localement des individus grégaires. Seuls des individus solitaires ou *transiens* (sur la base de critères d'ailleurs mal définis) pouvaient être rapportés sur ces fiches.

Il a pourtant été montré récemment que la phase grégaire véritable du Criquet nomade existe bien à Madagascar (Franc et al., 2005). Sur la base de mesures morphométriques classiques utilisées pour distinguer les phases solitaires et grégaires, des individus pleinement grégaires - aux caractéristiques morphométriques identiques aux individus considérés comme grégaires sur le continent africain - ont été observés dans toutes les régions du pays, du sud à l'extrême nord. Il est en fait plus que probable que dans le passé, faute de critères de reconnaissance adéquats, de tels individus étaient jusqu'à présent rattachés à la phase *transiens*.

Comme conséquence de l'a priori sur l'absence de la phase grégaire à Madagascar, les fiches du centre antiacridien n'ont jamais comporté de case pour noter la présence d'individus grégaires et les critères pour reconnaître clairement les individus solitaires, *transiens* et grégaires n'ont jamais été réellement maîtrisés¹. Il en résulte que les données collectées sur l'état phasaire des populations de criquets nomades – larves et imagos – sont largement sujettes à caution. Une tentative d'analyse de ces données d'archive sur l'état phasaire des populations rencontrées lors des prospections régulières réalisées par les chefs PA et ZA a d'ailleurs confirmé leur caractère totalement erroné.

Une étude était donc indispensable pour préciser les critères de reconnaissance phasaire des imagos comme des larves et rendre plus fiables les observations réalisées. L'objectif était d'aboutir à quelques classes simples, pouvant être identifiées aisément par les prospecteurs grâce à des critères précis, faciles d'usage et parfaitement illustrés.

Deux études ont été conduites : sur les larves, d'une part, sur les imagos, d'autre part.

¹ Depuis quelque temps, les fiches du CNA disposent de cases pour les solitaires, transiens et grégaires. Cependant les critères de distinction entre ces trois états restent mal définis et les prospecteurs du CNA ne disposent pas de la formation adéquate pour effectuer correctement ces observations. Le résultat est que les indications concernant la phase des larves comme celle des imagos demeurent très peu fiables et n'ont pu être exploitées au vu des nombreuses incohérences dans les données.

1. Caractérisation de la phase des larves du Criquet nomade

1.1. Méthode et protocole d'étude

1.1.1. Conception générale

Sachant que l'état phasaire des populations larvaires se traduit essentiellement – ou pour le moins d'une manière très visible – au niveau de la pigmentation, l'objectif de cette étude était de mettre au point une typologie des larves reflétant les principales étapes de la transformation phasaire dans la nature, des solitaires aux grégaires (sous l'effet de la densité populationnelle), et de proposer des critères précis pour affecter chaque larve à une catégorie phasaire particulière.

On a donc :

- défini les critères pigmentaires permettant de décrire rapidement mais précisément la pigmentation des larves ;
- échantillonné des populations larvaires de densités très diverses, des plus faibles aux plus fortes ;
- décrit la pigmentation des larves ainsi collectées ;
- réalisé une typologie des larves selon leur pigmentation ;
- relié les divers types pigmentaires de larves à la densité des populations larvaires et attribué à chaque type pigmentaire – ou à chaque ensemble de types pigmentaires – un état phasaire en fonction de la densité des populations au sein desquelles il était le plus fréquemment observé.

Deux campagnes d'échantillonnage ont été effectuées sur de nombreux sites du Sud-Ouest malgache. Sur chaque site, la densité de la population larvaire a été évaluée, des échantillons de larves (une trentaine sur chaque site) ont été prélevés et les caractéristiques pigmentaires des larves notées selon une procédure codifiée.

Les travaux de terrain ont été confiés à un stagiaire en biologie de l'Université de Tuléar, Abdou Chamouine, encadré et rémunéré par le CIRAD, recruté 6 mois de mi-novembre 2006 à mi-mai 2007 et 4 mois de janvier à mars 2008. La convention de stage a été établie entre l'université de Tuléar et le CIRAD et co-signée par le CNA. Ce stagiaire a bénéficié de l'appui du service de surveillance du CNA pour la signalisation des situations larvaires intéressantes et souvent de celui des chefs PA et ZA pour la logistique afin de lui permettre de se rendre rapidement sur les lieux pour effectuer les échantillonnages et les observations².

L'étude a été réalisée en deux étapes, au cours des saisons des pluies 2006-2007 et 2007-2008. Le protocole suivi est exposé dans les points suivants.

1.1.2. Choix des sites de relevés

Les recherches ont été concentrées au sein de l'aire de reproduction principale du Criquet nomade, zone en arc de cercle, d'une cinquantaine de kilomètres de large, s'étendant grossièrement entre Ankazoabo au nord et la région d'Ampanihy au sud (Figure 1). Les échantillonnages ont été réalisés en fonction des informations mises à disposition par le CNA (Service de surveillance) de façon à procéder à des prélèvements de larves dans une gamme de densités aussi large que possible (de moins de une à plus de 150 larves par mètre carré).

² Le rapport de DEA de Abdou Chamouine, étudiant ayant réalisé les travaux de terrain correspondant à cette étude, sera finalisé fin 2008 ou début 2009.

1.1.3. Collecte et description des échantillons

Au total 42 échantillons ont été réalisés, totalisant un prélèvement de 1139 larves dont la pigmentation a été décrite en détail. Pour chaque population larvaire échantillonnée (30 larves environ pour chaque échantillon), les renseignements suivants sont notés :

- localité, coordonnées, date
- densité de la population larvaire (larves/m²),
- stade de développement de la larve
- caractéristiques pigmentaires des larves selon une procédure codifiée (Figure 2) :
 - capsule céphalique (teinte de fond, mélanisation),
 - œil composé (stries visibles ou non),
 - pronotum (teinte de fond, carène dorsale et faces latérales)
 - ébauches alaires (mélanisées ou non)
 - fémur postérieur (tache pigmentaire sur la partie distale supposée constituer un des premiers signes de grégarisation).

Chaque larve a été photographiée constituant ainsi une archive photographique très précieuse pour documenter les types pigmentaires et leur grande variabilité en fonction de la densité des populations.

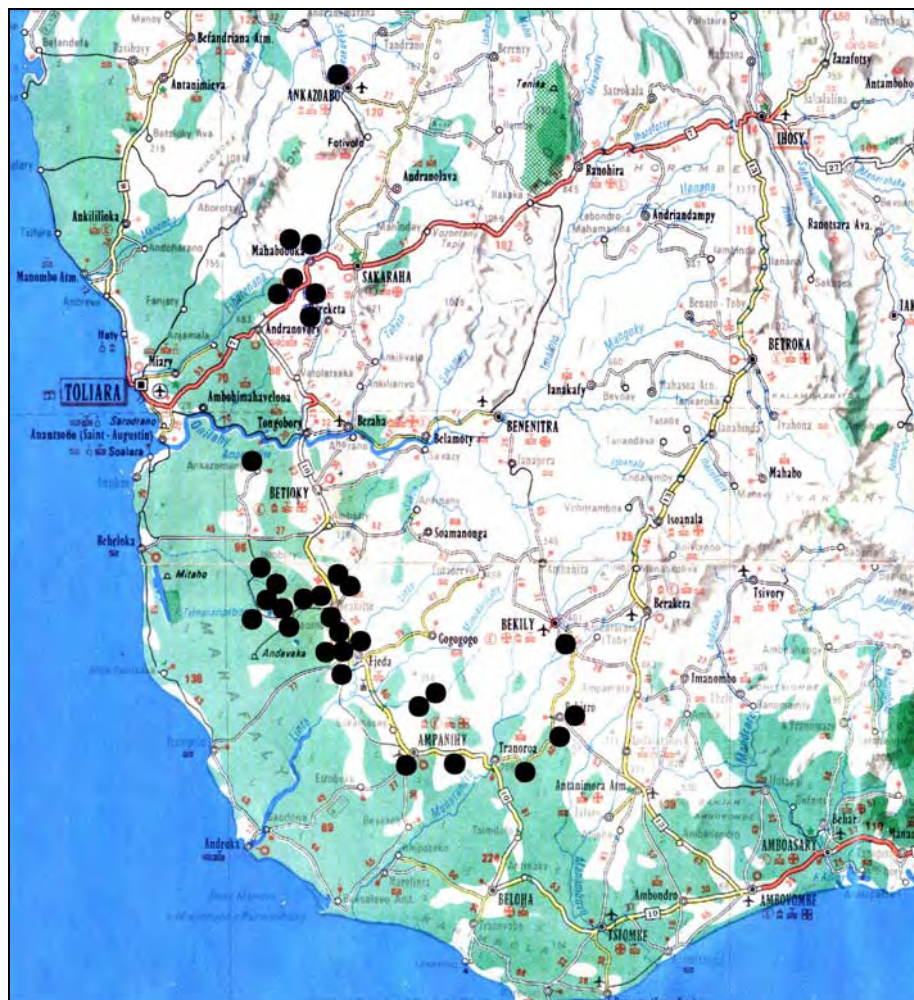


Figure 1. Carte de localisation des sites d'échantillonnage des populations larvaires.

Chaque point noir correspond à un site où a été prélevé un échantillon de larves. Tous ces sites sont localisés dans la zone principale de reproduction du Criquet nomade à Madagascar.

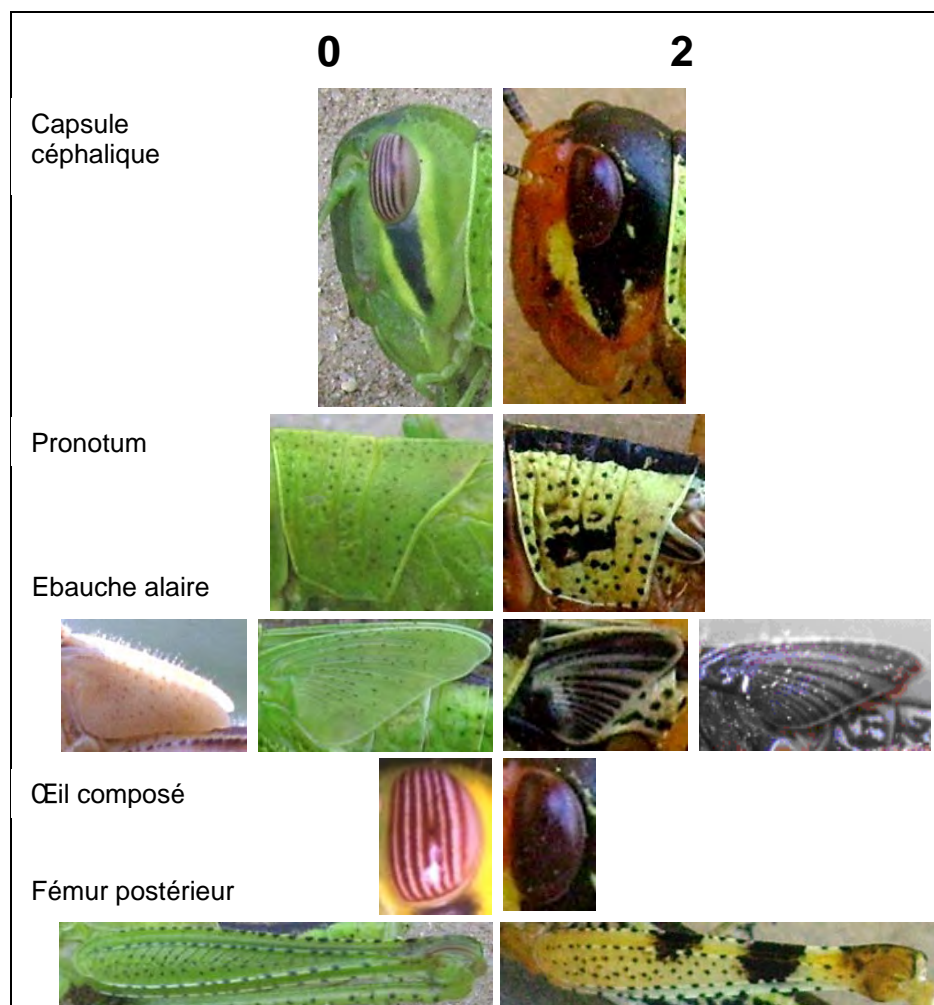
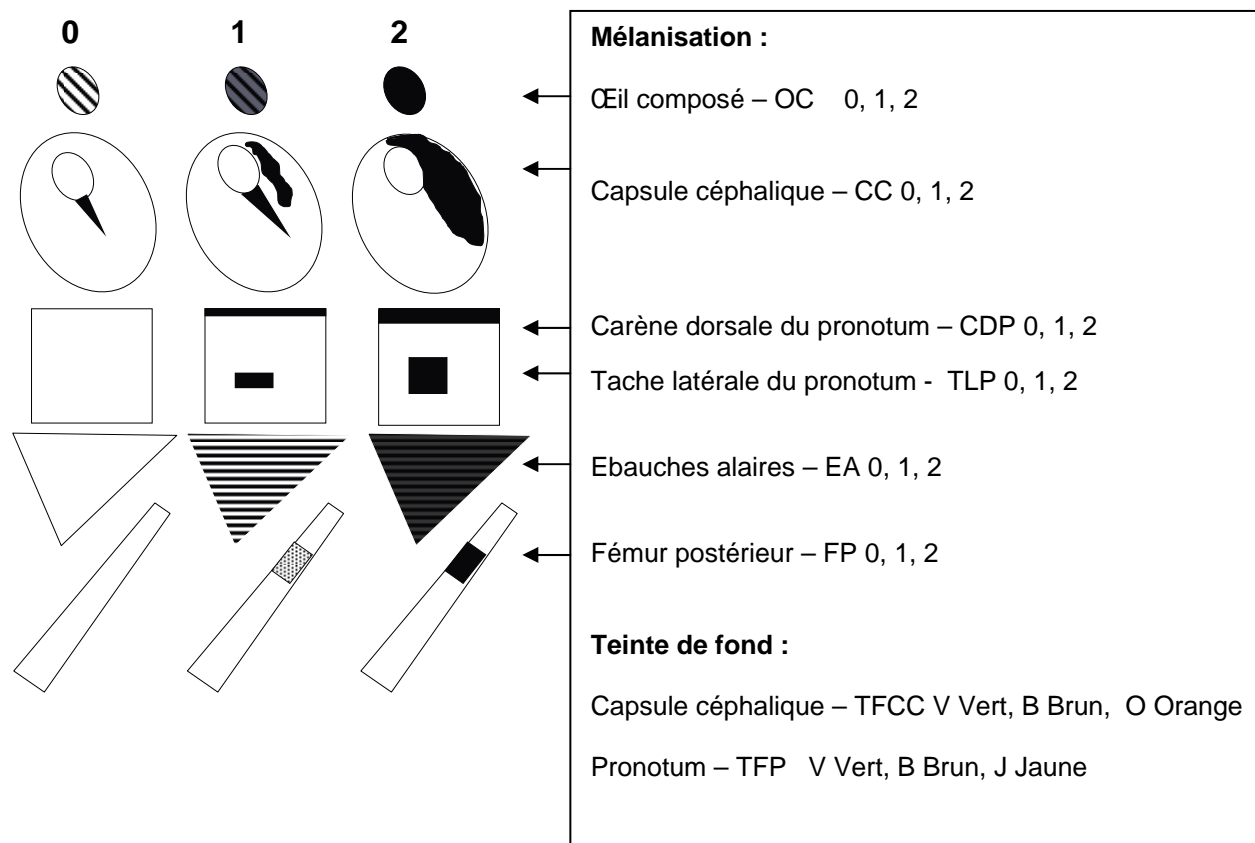


Figure 2. Codification de la pigmentation des larves.

Schémas théoriques (en haut) et illustrations photographiques (en bas) pour les cas extrêmes (0 et 2). La valeur 1 correspond à une situation intermédiaire (voir figure 11).

N° de fiche : _____	Localité : _____	Commune : _____
Observateur: _____	Faritany : _____	Latitude : S _____
Date : _____	Fivondrona : _____	Longitude : E _____

Densité larvaire : _____ /m² (larves diffuses ☐ / groupées ☐)

Type de végétation : _____

Hauteur de la végétation : _____ cm Recouvrement au sol : _____ %

Type de sol : _____

N°L	Stade	OC	CC	TFCC	CDP	TLP	TFP	EA	FP
	123456	0 1 2	0 1 2	V B O	0 1 2	0 1 2	V B J	0 1 2	0 1 2
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
T									
m									

Figure 3. Fiche de notation pour l'étude de la pigmentation larvaire du Criquet nomade.

1.2. Résultats

1.2.1. Les informations collectées

Au cours des deux campagnes de collecte de larves réalisées au cours des saisons des pluies 2006-2007 et 2007-2008, environ un millier de larves (1147) a été collecté et étudié, la pigmentation décrite selon la procédure codifiée exposée précédemment et plusieurs centaines de larves photographiées (environ la moitié). Les échantillons ont été prélevés dans des populations larvaires dont la densité allait de moins d'une larve à plus de 150 larves par mètre carré (figure 4). Dans ce dernier cas, il s'agissait de bandes larvaires bien constituées dont la densité pouvait sans doute atteindre plusieurs centaines de larves au mètre carré et ne pouvait donc être estimée d'une manière précise.

Le tableau de données comporte 1147 observations (individus larvaires de divers stades), chaque larve étant décrite par 8 variables pigmentaires. Les divers stades larvaires ont été échantillonnés. On a ainsi collecté et décrit 36, 129, 123, 283, 233 et 343 larves des stades respectivement 1, 2, 3, 4, 5 et 6.

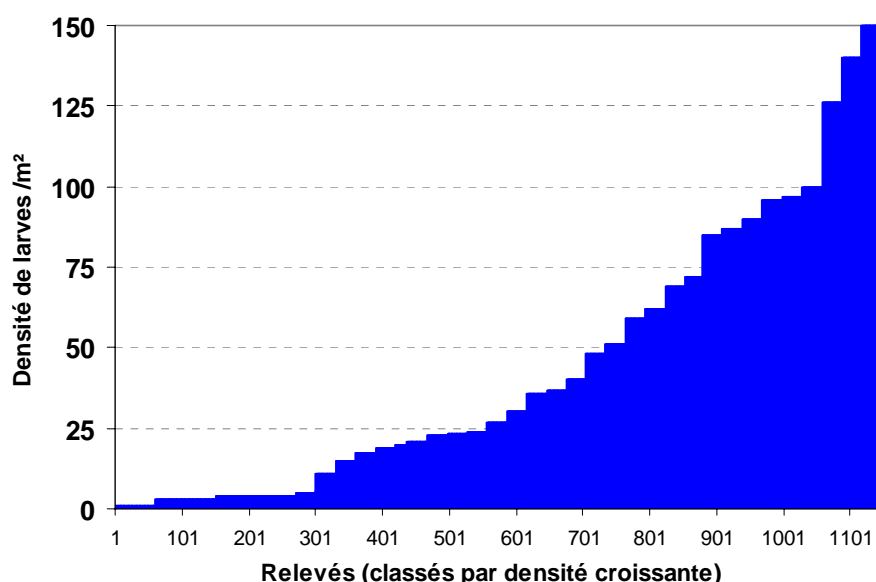


Figure 4. Classement des échantillons de populations larvaires en fonction de la densité de larves.

On notera que l'échantillonnage des larves a été réalisé pour des populations régulièrement distribuées tout au long d'un gradient de densité allant de moins de 1 larve au mètre carré, jusqu'à des populations de forte densité avec 100 larves ou plus au mètre carré, permettant ainsi une bonne étude de la pigmentation depuis les très basses jusqu'aux très fortes densités.

On notera que pour la classe 150 larves / m² la densité pouvait être en réalité beaucoup plus forte, de plusieurs centaines de larves par mètre carré, et donc de ce fait non dénombrable précisément.

1.2.2. L'analyse des données

Les résultats ont été analysés en utilisant le logiciel XLSTAT d'analyse de données. Le tableau de données du type [observations x variables pigmentaires] a été transformé en un tableau disjonctif sur lequel il a tout d'abord été procédé à une analyse en composante multiple (ACM). Cette analyse a permis d'établir les relations/affinités entre variables pigmentaires, d'une part, entre larves selon leurs caractères pigmentaires, d'autre part. Les résultats de cette analyse, sur le plan des deux premiers axes factoriels, sont figurés sur la figure 5. L'axe 1 totalise à lui seul 82% de l'inertie du nuage de point. Il oppose l'absence de mélanisation et les teintes vertes, côté négatif, à une mélanisation forte et aux teintes jaune ou orange, côté positif. Il oppose donc, très schématiquement, les individus à caractéristiques solitaires à ceux présentant des caractéristiques grégaires. L'axe 2, avec 5,9% de

l'inertie oppose les caractéristiques pigmentaires extrêmes (0 vs 2 pour la mélanisation, V vs O pour la pigmentation de fond) aux valeurs intermédiaires (1 pour la mélanisation avec en particulier FP1, OC1 et CC1). Cet axe signe donc les premières manifestations de grégarisme. Enfin, l'axe 3, avec seulement 2,9% de l'inertie du nuage de points, est entièrement déterminé par les rares individus possédant une teinte de fond brune, qui correspondent très certainement à une variante de pigmentation solitaire.

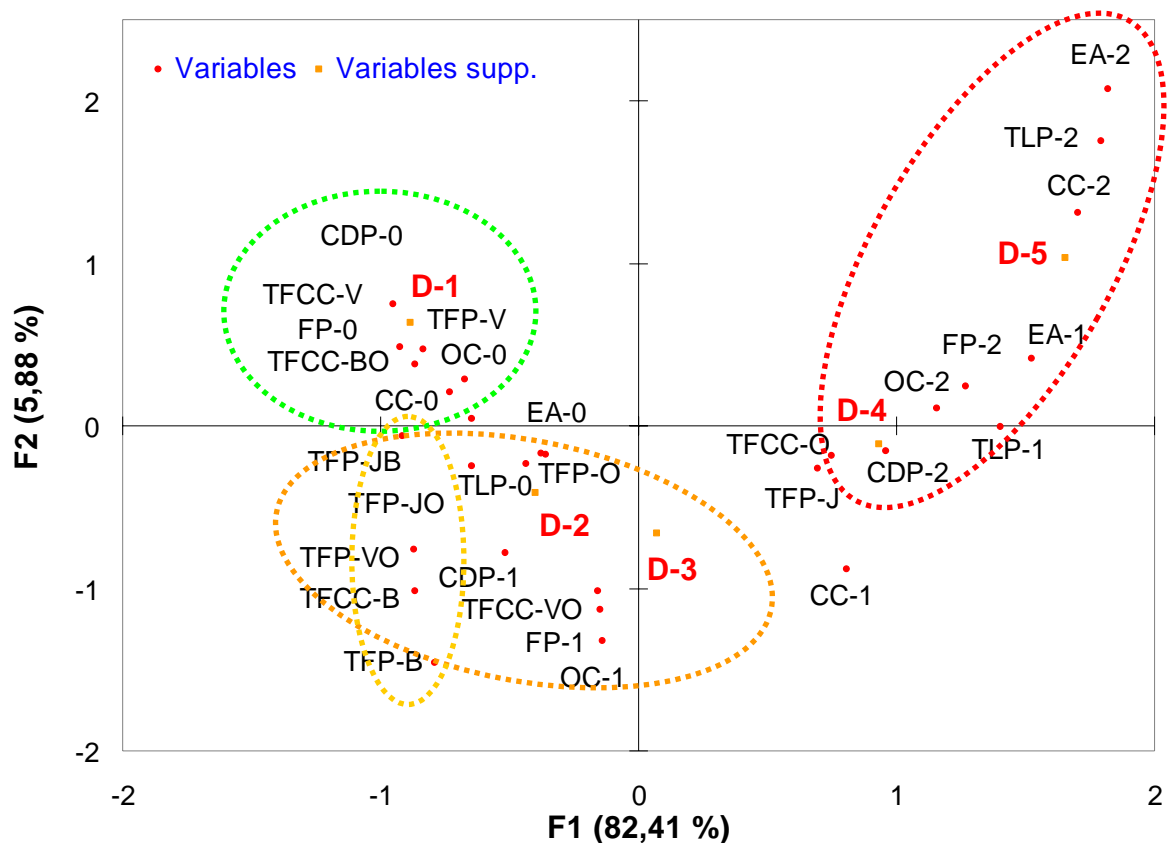


Figure 5. Résultat de l'analyse des correspondances multiples sur le tableau [individus x variables pigmentaires]. Plan des deux premiers axes factoriels.

Variables liées à la pigmentation noire (0, 1 ou 2 selon l'intensité de la mélanisation) : OC, œil composé ; CC, capsule céphalique ; CDP, carène dorsale du pronotum ; TLP, tache latérale du pronotum ; EA, ébauches alaires ; FP, fémur postérieur. Variables liées à la teinte de fond du tégument (V, vert ; B, brun ; O, orange ; J, jaune) : TFCC, capsule céphalique ; TFP, pronotum.

D1 à D5 : densité de la population larvaire ; variables placées, dans l'analyse factorielle, en éléments supplémentaires (D1<10, D2= [10-30[, D3= [30-70[, D4= [70-100[, D5 >100 / m²).

On a ensuite procédé à une classification des individus puis à une classification des variables selon leurs coordonnées sur les 5 premiers axes factoriels de l'analyse précédente :

(1) La classification des variables en fonction de leurs coordonnées factorielles permet tout d'abord de dresser une typologie des variables pigmentaires et de créer des groupes de variables évoluant sensiblement toujours ensemble

(2) La classification des larves (observations) en fonction de leurs coordonnées sur les 5 premiers axes de l'analyse en composantes multiples permet ensuite de créer une typologie des larves, c'est-à-dire de créer des classes d'individus appartenant à un même type pigmentaire, chacun de ces types pigmentaires pouvant être caractérisé par quelques variables et modalités de variables clés. Ces types pigmentaires peuvent être mis en relation avec la densité des populations larvaires et rattachés à l'un ou l'autre des pôles phasaires solitaire, transiens et grégaire.

1.2.2.1. La classification des variables (caractères pigmentaires) en fonction de leurs coordonnées factorielles

Les résultats de la classification des variables selon leurs coordonnées factorielles sont figurés dans les figures 6 et 7. Les différentes variables sont regroupées en 15 classes (C1 à C15 sur la figure 7). Ces 15 classes sont chacune constituées de plusieurs modalités de variables pigmentaires (voir tableau 1). Chaque classe regroupe les variables évoluant sensiblement toujours ensemble. Il en va ainsi, à titre d'exemple, de TLP-2 et EA-2 (tache latérale du pronotum et ébauches alaires fortement mélanisées) constituant la classe 11, ou de TFCC-O, CDP-2 et TFP-J (teinte de fond de la capsule céphalique orange, carène dorsale du pronotum fortement mélanisée et teinte de fond du pronotum jaune) constituant la classe 6.

Ces classes peuvent, par facilité et en fonction de leurs affinités, être regroupées en un nombre plus limité de classes en ne retenant que les nœuds les plus élevés de la classification. Sept classes de variables ont ainsi été finalement retenues : 2 pour les variables caractérisant les solitaires (qu'ils soient verts ou bruns), une pour les variables caractérisant les larves grégaires (mélanisation forte et teinte orange) et 4 pour les variables caractérisant des larves à pigmentation intermédiaire rattachées à la phase transiens (tableau 2).

Tableau 1. Les classes de variables pigmentaires (15 classes).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
OC-2	OC-0	OC-1	CC-1	CC-2	TFCC-O	TFCC-V	TFCC-VO	TFCC-B	TFCC-BO	TLP-2	TFP-B	TFP-JO	TFP-VO	TFP-JB
TLP-1	CC-0	FP-1			CDP-2	CDP-0	CDP-1			EA-2		TFP-O		
EA-1	TLP-0				TFP-J	TFP-V								
FP-2	EA-0					FP-0								

Tableau 2. Les classes de variables pigmentaires (7 classes).

Solitaires verts		Solitaires bruns		Transiens 1		Transiens 2		Transiens 3		Transiens 4			Grégaires	
2	7	9	12	14	15	10	13	3	8	1	4	6	5	11
OC-0	TFCC-V	TFC-C-B	TFP-B	TFP-VO	TFP-JB	TFCC-BO	TFP-JO	OC-1	TFCC-VO	OC-2	CC-1	TFCC-O	CC-2	TLP-2
CC-0	CDP-0						TFP-O	FP-1	CDP-1	TLP-1		CDP-2		EA-2
TLP-0	TFP-V									EA-1		TFP-J		
EA-0	FP-0									FP-2				

NB. Les variables sont ici regroupées en 7 classes en fonction de leurs affinités (on a gardé pour mémoire le détail des 15 classes d'origine). Une dénomination a été affectée à chaque classe selon quelles sont caractéristiques, plus ou moins, des phases solitaire, grégaire ou transiens. Les classes sont ici dans un ordre allant du pôle solitaire au pôle grégaire.

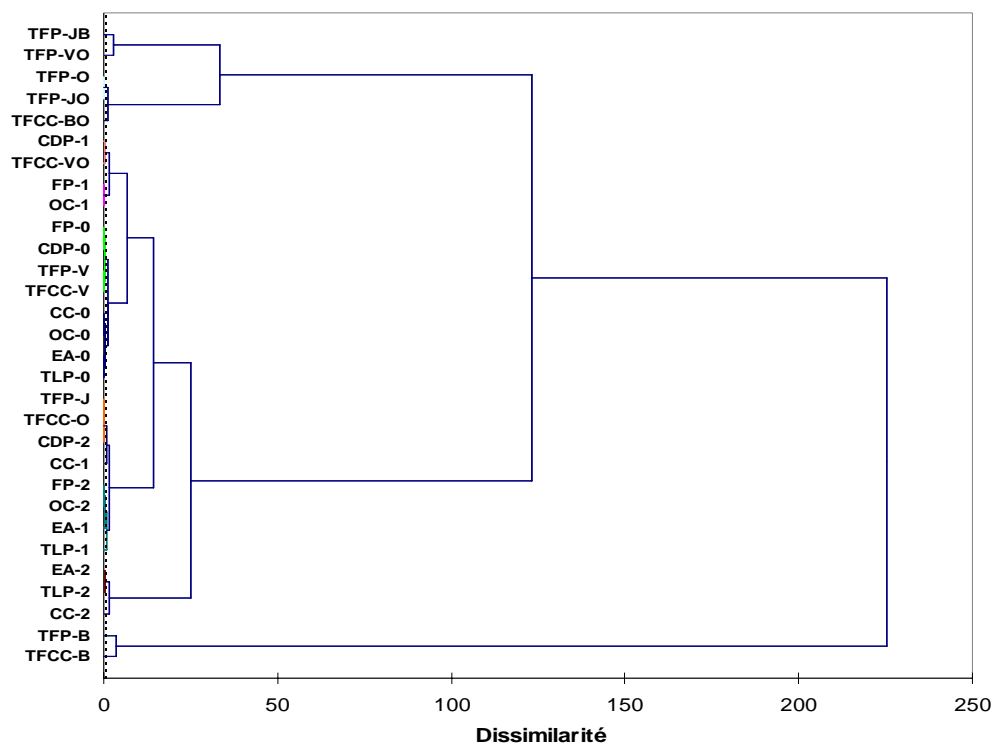


Figure 6. Résultat de la classification des variables selon leurs coordonnées factorielles sur les 5 premiers axes résultant de l'analyse du tableau [individus x variables pigmentaires].

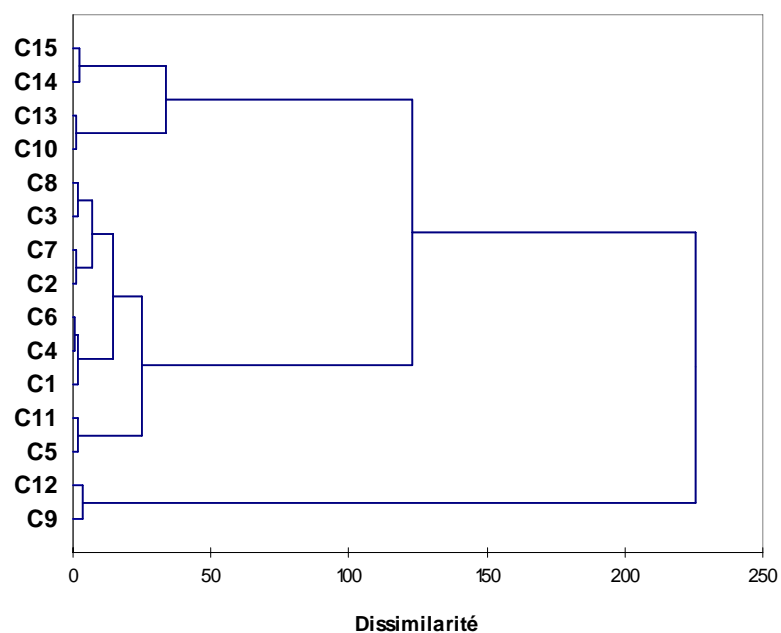


Figure 7. Les 15 classes de variables pigmentaires résultant de l'analyse du tableau [individus x variables pigmentaires].

1.2.2.2. La classification des observations (individus larvaires) en fonction de leurs coordonnées factorielles

Les **individus larvaires** ont, par ailleurs, été également classés selon leurs coordonnées sur les 5 premiers axes de l'analyse des correspondances. Quinze classes d'individus ont été ainsi distinguées (figure 8).

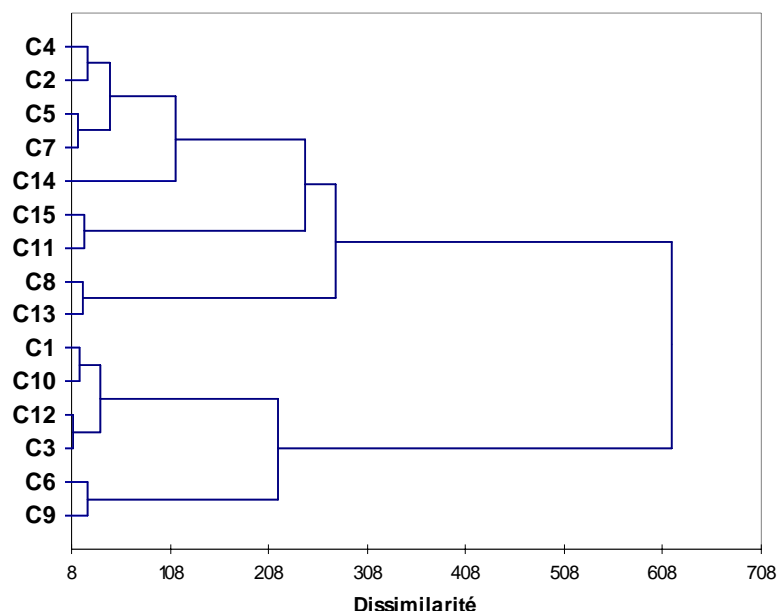


Figure 8. Les 15 classes de larves résultant de l'analyse du tableau [individus x variables pigmentaires].

1.2.3. La typologie des larves du Criquet nomade

Les analyses précédentes nous montrent que l'on peut aboutir à une typologie des larves et à la création de classes d'individus appartenant à un même type pigmentaire.

Ces types pigmentaires peuvent :

- tout d'abord être mis en relation avec la densité de la population larvaire ;
- ensuite être définis en fonction d'un ensemble de modalités de variables pigmentaires ;
- enfin regroupés en un nombre plus limité de classes afin d'aboutir à des types pigmentaires pouvant facilement être utilisés par le CNA et les prospecteurs (les 15 classes initiales, dans un souci de simplification, ont été regroupées en 5 classes).

1.2.3.1. Relation entre types pigmentaires et densité de la population larvaire

Pour chaque classe de larves on a déterminé l'effectif observé en fonction de la densité de la population larvaire. Les différentes classes de larves ont ensuite été ordonnées, depuis les classes pigmentaires rencontrées essentiellement dans les populations de faible densité jusqu'à celle présentes dans les populations de forte densité et les bandes larvaires (tableau 3). On observe alors un gradient régulier des divers types pigmentaires, depuis les classes 15, 8 et 13 caractéristiques des populations de basse densité et représentant des types solitaires (tout spécialement la classe 13 la plus abondante), jusqu'aux classes 6 et 9 que l'on trouve dans les populations où la densité est supérieure à 60 larves / m², plus généralement dans celles où la densité excède 100 larves / m², et représentant des individus de type grégaire. Entre les deux, les 9 autres classes correspondent à des situations intermédiaires, donc à des larves de type transiens. Chaque classe larvaire n'est pas associée à une densité précise, mais sa fréquence augmente puis décroît régulièrement avec la densité. Ainsi, la classe 5 est présente, mais en faible proportion (2 larves) pour les densités inférieures à 10 larves / m² ; elle est plus abondante (27 larves) pour des densités comprises entre 20 et 30[larves / m², puis elle décroît régulièrement et ce type de larves n'est plus présent pour des densités supérieures à 100 larves / m².

La figure 9 représente pour chaque type pigmentaire donné (de 1 à 15) les différentes classes de densité (en %) où on le rencontre.

Inversement, la figure 10 représente, pour chaque classe de densité, les différents types pigmentaires que l'on est susceptible d'y rencontrer.

Ces deux figures constituent une représentation très visuelle du gradient pigmentaire entre les basses et les fortes densités larvaires.

Il a donc, comme on pouvait s'y attendre, une évolution pigmentaire nette entre les populations larvaires de faible et de forte densité. Cependant, cette évolution est ici suivie précisément, les larves sont regroupées en classes en fonction de leurs caractéristiques pigmentaires et chaque classe pigmentaire est affectée à une gamme donnée de densités larvaires. Il est maintenant possible de caractériser chaque classe de larve en fonction des variables pigmentaires les plus significatives.

Tableau 3. Répartition des 15 classes pigmentaires de larves en fonction de la densité de la population larvaire.

Densité /m ²	Classes de larves														
	15	14	13	8	4	5	2	7	11	12	3	1	10	6	9
< 10	4	7	221	42	24	2									
10-20 [		16	28	12	21	12	17	3		5	5				
20-30 [			30	11	19	27	33	21	1	14	11				
30-40 [			15	4	8	15	14	11		7	8	5	3		
40-50 [			4	5	4	13	11	6		5	4	5			
50-60 [			3	2	6	13	12	2	2		16	4			
60-70 [			4		6	16	3	3	3	5	9	7	2		2
70-80 [				2	1	3	3	1			5	7		1	2
80-90 [			3	1	2	8	5	5		2	12	12	3	4	3
90-100 [					2	1	2	2		6	17	23	18	10	7
100-150 [										1	2	19	29	25	13
> 150												1	2	13	14

Nombre de larves de chaque classe pigmentaire observées pour une classe de densité larvaire donnée.

NB. Voir également figures 9 et 10.

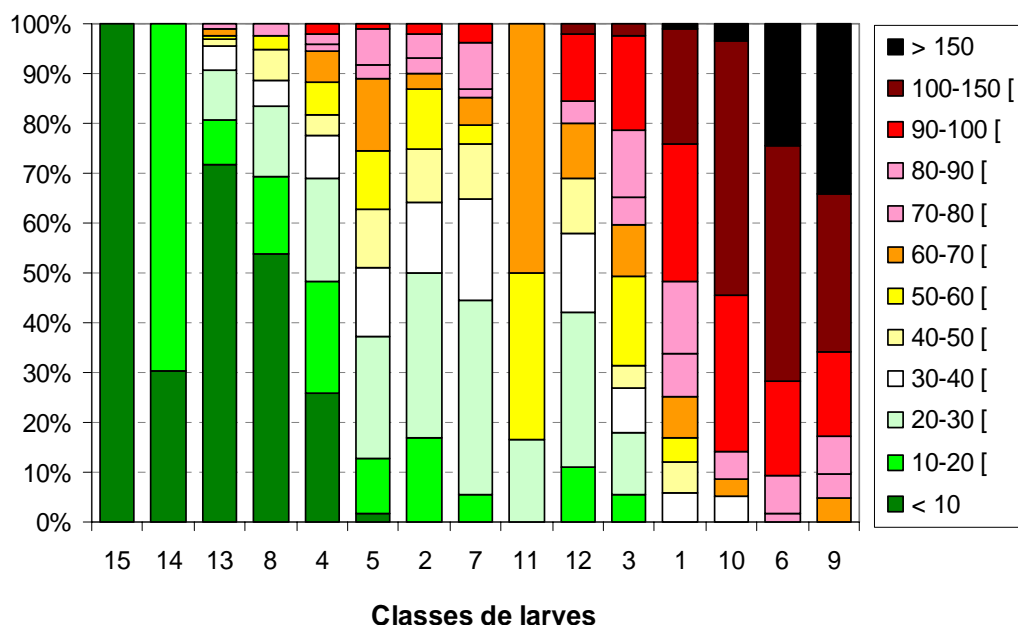


Figure 9. Pour chaque classe pigmentaire, fréquence d'apparition dans les différentes classes de densité larvaire.

A titre d'exemple, la classe pigmentaire 13 est rencontrée à 72% pour des densités inférieures à 10 larves / m², à 9% pour densités comprises entre 10 et 20[, et à 10% pour des densités comprises entre 20 et 30[larves / m² (les 10% restant pour des densités supérieures). Inversement, la classe 9 est rencontrée à 32 et 34% pour des densités respectivement de 100-150[et > 150 larves / m² ; 34% sont observés pour des densités comprises entre 60 et 100[/ m².

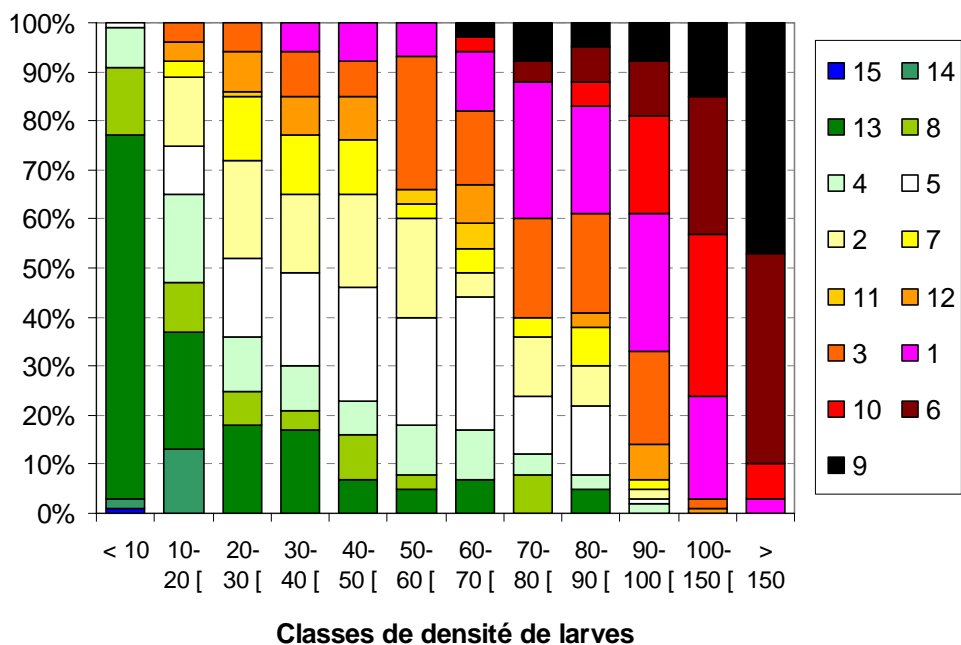


Figure 10. Pourcentage des divers types pigmentaires dans chaque classe de densité larvaire.

Classes de larves : 1 à 15. A titre d'exemple, pour les faibles densités (> 10 / m²) on trouve 74% de larves appartenant à la classe 13, et respectivement 1, 2, 14 8 et % de larves appartenant aux classes 15, 14, 8, 4 et 5. Pour les fortes densités (> 150 / m²) on trouve 43 et 47 % de larves appartenant aux types pigmentaires 6 et 9 et quelques larves - 3 et 7% - appartenant aux types 1 et 10.

1.2.3.2. Description des types pigmentaires

Le tableau 4 donne le pourcentage de chaque modalité de variable dans chacune des classes pigmentaires de larves. Les classes sont agencées, de la gauche vers la droite, selon un gradient d'occurrence des densités les plus faibles vers les densités les plus élevées, donc des types les plus solitaires vers les types les plus grégaires.

On constate que certaines variables évoluent très précocement et peuvent ainsi marquer les premiers signes de transformation phasaire. Ainsi, la tache pigmentaire noire sur le fémur postérieur (**tache fémorale**) apparaît, faiblement marquée (FP1) de la classe 4 à la classe 11. Elle devient nettement marquée (FP2) à partir de la classe 12. D'autres variables ne se modifient que pour des densités beaucoup plus élevées et vont donc signer des étapes plus avancées du processus de transformation phasaire. Ainsi, les **ébauches alaires** n'acquièrent une mélanisation significative (EA1) qu'à partir de la classe 3, et une mélanisation importante pour les classes 6 et 9 rencontrées dans les populations de très forte densité ($> 100 / m^2$). Il en va de même de la **tache latérale du pronotum** qui ne commence à apparaître qu'au niveau de la classe 3 (TLP1) et devient bien marquée dans les classes 10, 6 et 9 (TLP2). La mélanisation de la **capsule céphalique** est marquée dès la classe 5 (CC1) et devient très forte (CC2) à partir de la classe 10.

Le tableau 5 montre l'évolution des différentes variables pigmentaires en fonction de la densité de la population larvaire. On constate bien que les modifications pigmentaires liées à l'augmentation des densités n'apparaissent pas en même temps sur les différentes parties du corps de l'insecte. A mesure de l'augmentation de la densité larvaire, les caractéristiques pigmentaires évoluent progressivement, certaines variables réagissant plus précocement que d'autres et pouvant donc être considérées comme indicatrices des premiers signes de grégarisation.

- Les **stries oculaires** sont toujours visibles chez la moitié des larves prélevées entre 30-69/ m^2 . Les yeux ne s'obscurcissent pour la majorité des individus qu'à la densité de 70-100/ m^2 .
- La mélanisation de la **capsule céphalique**, amorcée dès 10-30/ m^2 , est surtout nette entre - 70-99/ m^2 .
- La **teinte de fond de la capsule céphalique** est verte pour la majorité des larves de très faibles densités et orangé pour le reste. C'est entre 30-70/ m^2 que la tendance s'inverse.
- La mélanisation de la **carène dorsale du pronotum** apparaît déjà dès 10-30/ m^2 , et la moitié des larves est fortement marquée pour les densités de 30-70/ m^2 .
- Inversement, la **tache latérale du pronotum** n'est vraiment marquée que chez 1/3 des larves de fortes densités à 70-100/ m^2 . Elle devient marquée fortement chez toutes les larves pour les densités supérieures à 100/ m^2 .
- La **teinte de fond du pronotum**, majoritairement verte chez les très faibles densités, devient jaune chez une majorité de larves dès 10-30/ m^2 .
- Le noircissement des nervures des **ébauches alaires** intervient tardivement. Il n'est remarqué chez 1/3 des individus qu'à partir des fortes densités 70-100/ m^2 . Au dessus de 100/ m^2 toutes les larves ont des ébauches alaires fortement mélanisées.
- Par contre, la **tache fémorale** apparaît dès 10-30/ larves par mètre carré et gagne la moitié des larves entre 30-70/ m^2 . Elle est présente et fortement marquée chez toutes les larves en forte densité ($> 100/m^2$).

En résumé, c'est dès les densités supérieures à 10 larves au mètre carré (classe 10-30/ m^2) que l'on voit nettement apparaître les premières modifications de pigmentation liées à la phase (même si ce seuil doit varier en fonction du stade larvaire, mais il n'a pas été possible ici de prendre ce paramètre en compte). Ces modifications concernent tout d'abord la carène dorsale du pronotum (CDP), les yeux composés (OC), la tache fémorale (FP) et, dans une moindre mesure, la capsule céphalique (CC). C'est à partir des densités supérieures à 100/ m^2 que la mélanisation est bien marquée pour toutes les variables et sur tous les individus (OC, CDP, TLP, EA, FP égal à 2 dans presque 100% des cas). On note, par ailleurs, un jaunissement progressif de la teinte de fond du pronotum (TFP) passant du vert au jaune des basses aux fortes densités, ainsi que de la teinte de fond de la capsule céphalique (TFCC) qui passe du vert à l'orangé.

Tableau 4. Pourcentage de chaque modalité de variable dans chacune des classes pigmentaires de larves.

Variables	Classes de larves														
	15	14	13	8	4	5	2	7	11	12	3	1	10	6	9
OC 0	100	96	100	93	93	38	57	0	67	36	8	1	0	0	0
OC 1	0	4	0	6	6	20	32	100	33	0	3	0	0	0	0
OC 2	0	0	0	1	1	42	12	0	0	64	89	99	100	100	100
CC 0	100	100	100	100	97	44	97	67	83	71	9	0	0	0	0
CC 1	0	0	0	0	3	56	3	33	17	18	91	100	5	2	0
CC 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	95	100	100
TFCC V	0	9	100	43	1	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0
TFCC B	100	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0
TFCC VO	0	17	0	19	30	14	17	26	0	9	17	0	0	0	0
TFCC O	0	74	0	38	69	86	83	74	0	80	83	100	100	100	100
CDP 0	50	35	100	65	0	0	3	0	66	0	0	0	0	0	0
CDP 1	50	61	0	35	100	16	78	37	17	7	0	1	0	0	0
CDP 2	0	4	0	0	0	84	19	63	17	93	100	99	100	100	100
TLP 0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	82	30	7	0	0
TLP 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	70	5	13	0
TLP 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	88	87	100
TFP V	25	0	100	49	11	5	99	13	0	16	7	1	0	0	0
TFP B	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0
TFP VO	25	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TFP O	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TFP JO	0	61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TFP J	50	21	0	51	89	95	1	87	0	84	93	99	100	100	100
EA 0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	96	83	37	18	0	0
EA 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	17	63	82	15	0
EA 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	85	100
FP 0	100	100	100	98	64	7	8	0	50	29	0	0	0	0	0
FP 1	0	0	0	2	36	79	88	100	50	2	11	0	0	1	0
FP 2	0	0	0	0	0	14	4	0	0	69	89	100	100	100	100
Effectif	4	23	310	79	93	110	100	54	6	45	89	83	57	53	41

Variables liées à la pigmentation noire (0, 1 ou 2 selon l'intensité de la mélanisation) : OC, œil composé ; CC, capsule céphalique ; CDP, carène dorsale du pronotum ; TLP, tache latérale du pronotum ; EA, ébauches alaires ; FP, fémur postérieur. Variables liées à la teinte de fond du tégument (V, vert ; B, brun ; O, orange ; J, jaune) : TFCC, capsule céphalique ; TFP, pronotum.

Les classes de larves sont ordonnées selon un axe allant des solitaires (à gauche) aux grégaires (à droite).

Tableau 5. Pourcentage de chaque modalité de variable dans chacune des classes de densité larvaire.

Variables	Classes de densité larvaire (/ m ²)				
	< 10	10 - 29	30 - 69	70 - 99	> 100
OC 0	100	62	48	10	0
OC 1	0	21	19	5	0
OC 2	0	17	33	85	100
CC 0	100	82	58	16	0
CC 1	0	18	39	33	9
CC 2	0	0	4	51	91
TFCC V	77	43	27	7	0
TFCC B	2	0	0	0	0
TFCC VO	0	13	13	1	0
TFCC O	18	44	60	82	100
CDP 0	90	22	26	3	0
CDP 1	10	44	73	8	0
CDP 2	0	34	46	89	100
TLP 0	100	100	91	35	0
TLP 1	0	0	7	35	1
TLP 2	0	0	2	30	99
TFP V	79	44	33	17	0
TFP B					
TFP VO					
TFP O					
TFP JO	0	4	0	0	0
TFP J	21	52	67	83	100
EA 0	100	100	82	47	1
EA 1	0	0	18	30	0
EA 2	0	0	0	23	99
FP 0	100	53	21	11	0
FP 1	0	36	45	17	0
FP 2	0	11	34	72	100

Variables liées à la pigmentation noire (0, 1 ou 2 selon l'intensité de la mélanisation) : OC, œil composé ; CC, capsule céphalique ; CDP, carène dorsale du pronotum ; TLP, tache latérale du pronotum ; EA, ébauches alaires ; FP, fémur postérieur. Variables liées à la teinte de fond du tégument (V, vert ; B, brun ; O, orange ; J, jaune) : TFCC, capsule céphalique ; TFP, pronotum.

1.2.3.3. Les classes de pigmentation larvaire pouvant être utilisées pour décrire, dans la pratique, la phase des individus

Sur la base des analyses précédentes on constate que les solitaires se distinguent aisément des grégaires. Les larves solitaires sont de couleur typiquement verte³. La teinte de fond du corps peut aussi être jaune ou orange mais pratiquement sans aucune pigmentation noire. Inversement, les grégaires sont tous uniformément colorés et fortement mélanisés sur de nombreuses parties du corps. Entre ces deux états très contrastés, solitaire et grégaire, se rencontre une gamme d'individus intermédiaires – les *transiens* - où apparaissent progressivement, en fonction de la densité, des modifications pigmentaires de plus en plus marquées.

Afin d'aboutir à une classification pratique, d'usage facile pour les prospecteurs du CNA, les 15 classes pigmentaires précédentes (tableau 4) ont été regroupées en 4 classes pigmentaires de larves : solitaire, solitaro-transiens, transiens et grégaire (en abrégé : S, ST, T, G). Pour aboutir à ce résultat, les regroupements suivants ont été effectués sur la base des ressemblances entre classes telles qu'elles ressortent de l'arborescence et de la figure 8 :

- Classes 15, 14, 13, 8 et 11 : classes qui sont proches dans la classification et les seules présentes dans les populations de basse densité (< 10 / m²). On peut considérer qu'elles rassemblent les populations pouvant être qualifiées de solitaires.
- Classes 6 et 9 : classes qui sont quasi les seules présentes dans les populations de très fortes densités (> 100 / m²) et dont on peut considérer qu'elle représentent les populations de types grégaires.
- Classes 4, 2, 5 et 7 : classes relativement proches dans l'arborescence et majoritaires dans les populations de densités moyennes (10-70[/ m²). Ces classes regroupent les populations solitaro-transiens.
- Classes 12, 3, 1 et 10 : classes également proches dans la classification et majoritaires dans des populations de plus fortes densités que la précédente (70-100[/ m²). cette classe regroupe les populations *transiens*.

Tableau 6. Résumé des caractères pigmentaires des 4 classes principales de larves : solitaires, solitaro-transiens, transiens et grégaires.

Critères pigmentaires		Phase			
		Solitaires	Solitaro – transiens	Transiens	Grégaires
Œil composé	OC	0	0 - 1 - 2	1 - 2	2
Capsule céphalique	CC	0	0 - 1	0 - 1	2
Teinte de fond capsule céphalique	TFCC	Vert / brun	Vert, vert-orangé, jaune ou orangé	Orangé	Orangé
Carène dorsale du pronotum	CDP	0 - 1	1 - 2	2	2
Tache latérale du pronotum	TLP	0	0	0 - 1 - 2	2
Teinte de fond du pronotum	TFP	Vert ou jaune	Vert ou jaune	Jaune	Jaune
Ebauches alaires	EA	0	0	(0) - 1	2
Tache fémorale	FP	0	1	2	2

NB. Les cases en jaune soulignent les caractères pigmentaires essentiels permettant de caractériser les différentes catégories phasaires de larves et qui se modifient significativement d'une catégorie phasaire à la suivante.

³ Les rares individus de teinte générale brun clair (4 en classe 15 et 6 en classe 11) doivent être considérés comme des solitaires dans le cadre d'un polychromatisme vert brun classique. Cependant, ils ont été trouvés – au moins pour la classe 11 – à des densités de population assez élevées, de l'ordre de 20 à 69 larves / m².

Les fiches ici présentées (Figure 11) fournissent la description de ces 4 classes pigmentaires - solitaires, solitaro-transiens, transiens et grégaires – et devraient permettre au CNA, et aux prospecteurs en particulier, de noter la phase des larves d'une manière beaucoup plus fiable que par le passé. Ces fiches devraient également être intégrées aux outils de formation permanente du CNA.

Conclusions

Ce travail sur les changements de pigmentation des larves en relation avec la densité des populations a permis de clarifier le statut phasaire des larves de criquets nomades et de montrer :

- qu'il existe bien dans le sud de Madagascar de vraies larves solitaires, transiens et grégaires ;
- qu'il est possible de caractériser la pigmentation des larves d'une manière codifiée à partir de quelques critères simples ;
- que la pigmentation des larves, reflet de leur état phasaire, est très étroitement corrélée à la densité de la population larvaire ;
- que le passage de la phase solitaire à la phase grégaire se réalise de manière progressive ; les diverses modifications pigmentaires se font graduellement en fonction de la densité de la population et les divers critères utilisés ne changent pas tous au même rythme, certains se modifient à partir de densités relativement basses (tache fémorale du pronotum, par exemple), d'autres ne changent de valeur que pour des densités beaucoup plus élevées (mélanisation des ébauches alaires, par exemple).

Au niveau de l'individu, en utilisant les critères mis au point, il est très rapidement possible d'affecter chaque larve à l'une des 4 catégories phasaires distinguées.

Au niveau des populations larvaires, elles sont constituées d'un mélange de larves pouvant appartenir à des catégories phasaires différentes. Les pourcentages de chaque catégorie évoluent progressivement des densités les plus faibles - forte proportion d'individus solitaires - vers les densités les plus élevées avec des proportions de plus en plus fortes d'individus solitaro-transiens, transiens puis grégaires. On pourra qualifier la population de solitaire, solitaro-transiens, transiens ou grégaire en fonction de la phase dominante au sein de la population.

Les premières modifications pigmentaires liées à la phase se remarquent sur les larves trouvées dans des populations où la densité atteint 10 larves au m². Les premiers vrais grégaires se rencontrent, ponctuellement, à partir de 70 larves /m², mais elles ne sont majoritaires qu'à partir de 150/m².

Au final, le CNA dispose maintenant d'une méthode simple devant permettre de consigner d'une manière beaucoup plus fiable et précise l'état phasaire des larves de criquet nomade, et donc de renforcer très significativement la qualité des observations réalisées par les chef de zone et prospecteurs sur ce paramètre clé de la biologie de ce ravageur.

Figure 11. Fiches descriptives des 4 classes principales de larves : solitaires, solitaro-transiens, transiens et grégaires.

(pages suivantes)

Solitaires généralement trouvés dans les populations de densité < 10 / m²

Caractère	Code	Commentaires	Valeur
1 Couleur du corps		Vert dans la grande majorité des cas ; quelques individus bruns, mais aussi quelques individus jaune ou légèrement orangé	
2 Antennes		Peu mélanisées (une seule face de l'antenne)	
3 Stries oculaires	OC	Bien visibles. Pas d'obscurcissement de l'oeil	0
5 Capsule céphalique mélanisée	CC	Pas de mélanisation sur le vertex (sommet de la tête). Seule tache noire : la bande sous-oculaire	0
4 Teinte de la capsule céphalique	TFCC	Vert dans la majorité des cas. Quelques larves brunes. Nuances orangées chez certaines larves.	Vert / brun / orange
7 Carène dorsale du pronotum	CDP	Légère mélanisation possible	0 - 1
8 Tache latérale du pronotum	TLP	Absente	0
6 Couleur du pronotum	TFP	Vert dans la majorité des cas	Vert ou jaune
9 Nervures des ébauches alaires	EA	Pas de mélanisation sur les ébauches alaires	0
10 Tache noire sur le fémur postérieur	FP	Absente	0
11 Pigmentation segments abdominaux		Mélanisation discrète. Bande Quelques points	
12 Couleur des tarsi		Couleur du corps	



Stade 3 / OC 0 / CC 0 / TFCC V / CDP 0 / TLP 0 / TFP V / EA 0 / FP 0



Stade 5 / OC 0 / CC 0 / TFCC V / CDP 0 / TLP 0 / TFP V / EA 0 / FP 0



Stade 6 / OC 0 / CC 0 / TFCC V / CDP 0 / TLP 0 / TFP B / EA 0 / FP 0



Stade 6 / OC 0 / CC 0 / TFCC B / CDP 0 / TLP 0 / TFP B / EA 0 / FP 0

Solitars-transiens généralement trouvés dans les populations de densité [10 – 70] / m²

	Caractère	Code	Commentaires	Valeur
1	Couleur du corps		Vert, brun, jaune ou orangé	
2	Antennes		Noircissement plus important	
3	Stries oculaires	OC	Variable, souvent moins visibles, mais caractère hétérogène au sein de cette catégorie	0 - 1 - 2
5	Capsule céphalique mélanisée	CC	Début de mélanisation chez la plupart des individus	0 - 1
4	Teinte de la capsule céphalique	TFCC	Généralement vert-orangé à orangé. Aucun individu vert ou brun	Vert-orangé ou orangé
7	Carène dorsale du pronotum	CDP	Toujours mélanisée, mais d'une manière plus ou moins intense	1 - 2
8	Tache latérale du pronotum	TLP	Absente chez tous les individus	0
6	Couleur du pronotum	TFP	Jaune (en majorité) ou verte	Vert ou jaune
9	Nervures des ébauches alaires	EA	Non mélanisées chez tous les individus	0
10	Tache noire sur le fémur postérieur	FP	Faiblement marquée (1), mais nette. L'apparition de cette tache fémorale marque bien le passage des solitaires aux solitaires-transiens	1
11	Pigmentation des segments abdominaux		De plus en plus importante	
12	Couleur des tarses		Début de mélanisation	



Stade 4 / OC 0 / CC 0 / TFCC 0 / CDP 2 / TLP 0 / TFP JO / EA 0 / FP 0



Stade 4 / OC 0 / CC 0 / TFCC J / CDP 2 / TLP 0 / TFP JO / EA 0 / FP 0



Stade 6 / OC 1 / CC 1 / TFCC 0 / CDP 1 / TLP 0 / TFP J / EA 0 / FP 1



Stade 5 / OC 1 / CC 1 / TFCC V / CDP 2 / TLP 0 / TFP V / EA 0 / FP 1

Transiens généralement trouvés dans les population de densité [70 – 100[/ m²

	Caractère	Code	Commentaires	Valeur
1	Couleur du corps		Jaune et orangé largement dominant Quelques rares larves verdâtre	
2	Antennes		De plus en plus noires	
3	Stries oculaires	OC	Presque non visibles, masquées par le noircissement général de l'oeil	1 - 2
5	Capsule céphalique mélanisée	CC	Pigmentation noire plus développée	0 - 1
4	Teinte de la capsule céphalique	TFCC	Très généralement orangé	Orangé
7	Carène dorsale du pronotum	CDP	Bien soulignée de noir	2
8	Tache latérale du pronotum	TLP	Présente ou non selon les individus et avec une intensité variable	0 - 1 - 2
6	Couleur du pronotum	TFP	Jaune pour la grande majorité des individus	Jaune
9	Nervures des ébauches alaires	EA	Commencent à se marquer de noir, mais chez certains individus seulement	0 - 1
10	Tache noire sur le fémur postérieur	FP	Bien développée chez tous les individus	2
11	Pigmentation segments abdominaux		De plus en plus sombre	
12	Couleur des tarses		Mélanisation plus accentuée	



Stade 3 : OC 1 / CC 1 / TFCC 0 / CDP 2 / TLP 0 / TFP J / EA 0 / FP 2



Stade 4 / OC 2 / CC 1 / TFCC 0 / CDP 2 / TLP 1 / TFP J / EA 1 / FP 2



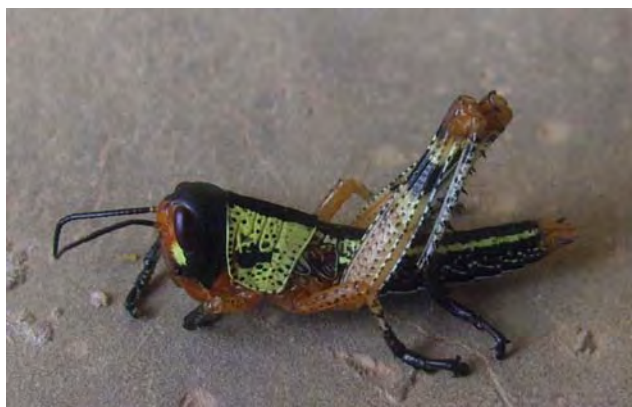
Stade 4 / OC 2 / CC 1 / TFCC 0 / CDP 2 / TLP 1 / TFP J / EA 0 / FP 2



Stade 6 / OC 1 / CC 1 / TFCC 0 / CDP 2 / TLP 1 / TFP J / EA 0 / FP 2

Grégaires généralement trouvés dans les population de densité > 100 / m²

	Caractère	Code	Commentaires	Valeur
1	Couleur du corps		Jaune et orangé, plus de larves verdâtres	
2	Antennes		Noires	
3	Stries oculaires	OC	Non visibles	2
5	Capsule céphalique mélanisée	CC	Presque tout le vertex et les joues	2
4	Teinte de la capsule céphalique	TFCC	Orangé	Orangé
7	Carène dorsale du pronotum	CDP	Fortement marquée de noir	2
8	Tache latérale du pronotum	TLP	Bien marquée en général	2
6	Couleur du pronotum	TFP	Jaune	Jaune
9	Nervures des ébauches alaires	EA	Bien soulignées de noir	2
10	Tache noire sur le fémur postérieur	FP	Bien développée	2
11	Pigmentation segments abdominaux		Densément marquée de noir	
12	Couleur des tarsi		Noirs	



Stade 4 / OC 2 / CC 2 / TFCC O / CDP 2 / TLP 2 / TFP J / EA 2 / FP 2



Stade 4 / OC 2 / CC 2 / TFCC O / CDP 2 / TLP 1 / TFP J / EA 2 / FP 2



Stade 4 / OC 2 / CC 2 / TFCC O / CDP 2 / TLP 2 / TFP J / EA 1 / FP 2



Stade 6 / OC 2 / CC 2 / TFCC O / CDP 2 / TLP 2 / TFP J / EA 2 / FP 2



Figure 12. Bande larvaire de criquet nomade observée le 2 février 2008 dans les clairières du plateau Mahafaly (photos. A. Chamouine, CIRAD).

Vue générale en haut, divers détails en bas.

Toute la végétation de couleur orangé est couverte de larves de criquet nomade. La densité de larves est telle qu'il est impossible de l'évaluer avec précision. Dans le cadre de la présente étude, une telle situation a été rangée dans la catégorie des densités supérieures à 150/m². Il est évident que par endroit, tout spécialement lorsque les larves peuvent se répartir comme ici dans une végétation haute et sur les arbustes, la densité doit localement atteindre plusieurs centaines, voire plusieurs milliers de larves par mètre carré.



2. Caractérisation de la phase chez les imagos du criquet nomade

2.1. Problématique

L'existence de la phase grégaire du criquet nomade à Madagascar ayant été démontré récemment (Franc et al., 2005 et diverses observations récentes), on se trouve bien devant la nécessité de disposer d'une méthode pour distinguer et classer aisément des individus ailés pouvant appartenir aux phases solitaire, transiens et grégaire. Contrairement au criquet migrateur, où il est facile d'identifier la phase d'un imago en s'appuyant sur les modifications morphologiques et pigmentaires, le criquet nomade n'offre pas de telles évidences. Les variations pigmentaires sont plus ténues, très graduelles et difficiles à utiliser.

Seuls les rapports morphométriques paraissent à même d'apporter la fiabilité nécessaire pour effectuer une telle distinction. Les phases solitaires et grégaires peuvent être distinguées sur la base des rapports E/F (longueur de l'élytre/longueur du fémur postérieur) et F/C (longueur du fémur postérieur/largeur maximale de la tête). Les premiers résultats ont été obtenus dans le cadre du projet PCLA de 2001 à 2003. Les valeurs $E/F=2.0$ et $F/C=3,8$ marquent les limites entre les deux formes, solitaire et grégaire ($E/F=2,06$ et $F/C=3,63$ chez les mâles ; $E/F=2,03$ et $F/C=3,71$ chez les femelles ; Franc et al., 2005). Cependant, aucune information n'était alors donnée pour les transiens. Il convenait donc de préciser ce point.

L'objectif de l'étude entreprise dans le cadre du projet PLPA était d'améliorer notre connaissance quant aux relations entre l'état phasaire d'une population de Criquet nomade et sa densité. On devait, en particulier, chercher à relier les caractéristiques morphométriques des individus à leur densité au moment de la mue imaginale ainsi qu'à la densité subie au cours du développement larvaire.

2.2. Méthode

L'étude devait reposer sur l'utilisation des critères morphométriques classiques pour caractériser la phase des individus ailés dans la nature (E, longueur de l'élytre ; F, longueur du fémur postérieur ; C, largeur maximale de la tête). Il s'agissait de collecter sur un maximum de sites du Sud-Ouest de Madagascar, des échantillons de jeunes criquets nomades autochtones (nés sur place), de développement larvaire parfaitement suivi grâce aux prospections régulières conduites par les chefs PA.

La collecte des criquets devait être réalisée par le personnel du CNA, chefs PA ou ZA, en fin de saison des pluies, fin mars/début avril, au moment de l'apparition des imagos de la nouvelle génération. Les chefs PA, à l'occasion d'une prospection habituelle, devaient collecter environ 50 imagos de criquets nomades. Les criquets devaient provenir d'une seule station (où le développement larvaire aurait été régulièrement suivi en saison des pluies et où les densités larvaires auraient été régulièrement notées), puis tués, mis sur couche entomologique et expédiés au centre antiacridien à Betioky. Dans ce cas, la morphométrie des criquets devrait refléter les conditions de densité subies localement par chaque population au cours de son développement larvaire.

Une étude similaire était prévue en fin de saison sèche/début de saison des pluies lorsque les imagos migrent et se regroupent sur les stations de reproduction. On supposait que l'on devrait, dans ce cas, observer une homogénéisation des caractéristiques phasaires des populations liée à un brassage, en cours de saison sèche, d'individus nés dans des conditions de développement très variées.

Le CIRAD a mis à disposition des chefs PA la formation nécessaire (atelier sur la collecte d'échantillons de criquets nomades réalisé en début de campagne 2006-2007), le matériel de collecte, de stockage et d'expédition des échantillons, les indemnités de déplacements et les sommes nécessaires pour recruter des captureurs supplémentaires. Concernant le matériel, il a été remis à chacun des PA du CNA : 1 flacon à cyanure de potassium pour tuer les criquets, 1 trousse à dissection (1 paire de ciseaux, 1 pince) pour vider les criquets et faciliter leur conservation, des couches entomologiques pour y disposer et stocker les criquets morts, 1 boîte en carton pour stocker les couches, 3 filets de capture, 3 sacs de capture, 1 fiche de présence à signer par les captureurs après les récoltes...

2.3. Résultats

Un premier échantillonnage a été réalisé en mars 2006 (fin de saison des pluies 2005-2006) sur les jeunes imagos de la nouvelle génération, avant leur dispersion vers les zones refuge de saison sèche. Une autre campagne de collecte a été réalisée, en fin 2006, sur les vieux imagos allochtones arrivant sur les stations de reproduction en début de saison des pluies 2006-2007.

Au cours de la première campagne de collecte, 296 imagos seulement ont été prélevés dans 6 situations densitaires larvaires différentes. Au cours de la deuxième campagne de collecte – et malgré les améliorations suggérées – seuls 223 imagos ont été prélevés dans 14 situations différentes. Ces quantités étaient tout à fait insuffisantes en regard de l'échantillonnage espéré et nécessaire pour rendre l'étude significative.

Les difficultés rencontrées ont été diverses : échantillons non collectés ou collectés en nombre insuffisant, échantillons mal conservés ou mal étiquetés, échantillons expédiés avec retard et parvenant trop tardivement au Centre technique du CNA à Betioky-Sud, avances de fonds pour le paiement des manœuvres recrutés localement à la journée non effectuées... Le coût de l'expédition à partir de France du matériel nécessaire à cette étude étant relativement élevé et la rentabilité de l'opération incertaine, il a été décidé de ne pas poursuivre.

Cependant, malgré la non finalisation de cette étude sur la morphométrie des imagos, liée aux difficultés diverses de réalisation rencontrées, il est néanmoins possible d'exploiter les résultats obtenus antérieurement par le CIRAD afin de donner des indications précises et pratiques au CNA pour fiabiliser les données collectées sur la phase des imagos du criquet nomade.

Il convient de considérer en premier lieu la phase des individus (chaque imago pris individuellement) et en second lieu la phase des populations imaginale dans leur ensemble (formations solitaires ou grégaires).

▪ Phase des imagos

En l'état actuel, l'identification de la phase des imagos reste délicate sur le seul aspect général et la pigmentation. Les deux pôles extrêmes – solitaire et grégaire – sont bien différenciés mais les aspects intermédiaires sont délicats à appréhender et les limites floues. Seule l'étude morphométrique peut permettre de déterminer précisément la phase d'un imago. Les mesures classiques à effectuer concernent la longueur du fémur postérieur (F), la longueur de l'élytre (E) et la largeur maximale de la tête (C).

Après un examen critique des données disponibles publiées dans la littérature scientifique (Luong-Skovmand et al., 2004), il a été possible de prendre en compte les mesures réalisées par divers auteurs (Brédo 1938 ; Roblot 1951 ; Micheltore et Allan 1934 ; Têtefort et Wintrebert 1967 ; Stortenbecker 1967 ; Zolotarevsky 1939 ; Frappa 1935 ; Burnett 1951....). Les rapports E/F et F/C ont été généralement utilisés et semblent les mieux à même de caractériser l'état phasaire des individus.

Les valeurs retenues de E/F et F/C pour délimiter les phases résultent des synthèses des différentes mesures des auteurs cités ci-dessus (Tableau 1). Au final, chez les solitaires le rapport E/F – le plus facile à mesurer – est généralement inférieur à 1,90, alors qu'il est supérieur à 2,05 chez les grégaires. De son côté le rapport F/C est inférieur à 3,60 chez les grégaires et supérieur à 3,80 chez les solitaires (on notera que la valeur de C est plus délicate à mesurer avec précision). Les valeurs moyennes de E/F et F/C sont légèrement différentes entre mâles et femelles, mais les différences sont minimes et il ne semble pas nécessaire d'en tenir compte dans une optique opérationnelle.

Le report des valeurs individuelles de E/F et F/C sur un abaque morphométrique (Figure 2) peut alors permettre de caractériser l'état phasaire d'une population.

Tableau 7. Utilisation des rapports E/F et F/C pour la détermination de la phase des imagos de criquets nomades.

Phase	E / F	F / C
Solitaire	< 1,90	> 3,80
Transiens	1,90 < < 2,05	3,60 < < 3,80
Grégaire	> 2,05	< 3,60

Ce moyen de diagnose peut être difficile à manier dans la pratique quotidienne et demande du temps. Il doit être utilisé par du personnel expérimenté. Par ailleurs, la fiabilité de telles mesures morphométriques, conduites par des opérateurs multiples (en l'occurrence les chefs de postes et chefs de zone acridienne), est loin d'être assurée. Il n'est pas certain que ces mesures puissent être envisagées dans le cadre des pratiques courantes du CNA.

Faute de pouvoir réaliser les mesures morphométriques, on pourra se contenter de l'observation de la pigmentation (voir ci-dessous les fiches solitaire, transiens et grégaire) et comparer les individus aux deux pôles extrêmes solitaire et grégaire bien différenciés. Les individus intermédiaires au niveau coloration seront alors catalogués comme transiens (cette identification pouvant naturellement être confirmée par l'usage des mesures morphométriques).

Figure 13. Fiches descriptives de 2 des 3 classes principales d'imagos : solitaires et grégaires.

NB. Seront considérés comme transiens les individus aux caractéristiques pigmentaires intermédiaires entre les solitaires et les grégaires. L'identification des transiens devra cependant avoir recours aux mesures morphométriques pour plus de précision (voir tableau 7).

(pages suivantes)

Solitaires

Phase	E / F	F / C
Solitaire	< 1,90	> 3,80



(photo M. Lecoq, CIRAD)

(photo A. Franc, CIRAD)



(photos M. Lecoq, CIRAD)

Teinte générale brune, plus ou moins claire et plus ou moins rougeâtre. Bande sous-oculaire brune bordée de clair bien visible. Bandes claires longitudinales sur le pronotum très nettes. Taches brunes sur les élytres bien nettes.

Phase	E/F	F/C
Grégaire	> 2,05	< 3,60

Femelles grégaires immatures



Femelles grégaires matures



▪ Phase des populations imaginales

Une population imaginale peut être constituée d'individus aux caractéristiques phasaires diverses, c'est-à-dire par un mélange - en proportions variées - d'individus solitaires, transiens et grégaires.

Il est naturellement possible de mesurer E, F et C sur un échantillon suffisant d'individus (une trentaine), de calculer les rapports E/F et F/C, de reporter ces valeurs sur un abaque morphométrique (figure 14) et de déterminer ainsi – en fonction du barycentre des mesures - si la population est plus ou moins solitaires, transiens ou grégaire. La démarche est cependant longue et demande beaucoup de minutie et de précision dans les mesures. Elle est cependant la seule à pouvoir quantifier avec précision la phase des individus comme de la population étudiée.

D'un point de vue pratique, un moyen plus rapide d'estimer la phase d'une population imaginale dans le cas du criquet nomade serait de s'en tenir à la densité de la population et à son comportement. Il est alors possible de proposer la classification suivante en 5 grandes catégories :

- densité inférieure au seuil de grégarisation de 5000 imagos / ha (individus isolés).....(1)
Population solitaire de faible densité
- densité supérieure au seuil de grégarisation (> 5000 imagos par hectare)
 - individus isolés sans comportement de groupe manifeste.....(2)
Population solitaire de forte densité
 - individus manifestant un comportement de groupe
 - vol en essaim de faible densité (localement dénommés « vol clair » ; il s'agit d'un vol spontané – non provoqué par l'observateur - les criquets sont visibles individuellement mais ne forment pas une masse suffisamment compacte pour être visibles de loin).....(3)
Essaim de faible densité
 - vol en essaim de densité moyenne (visible de loin sous forme d'une masse sombre mais ne masquant pas l'horizon).....(4)
Essaim de densité moyenne
 - vol en essaim dense (visible de loin et masquant plus ou moins le paysage).....(5)
Essaim de forte densité

Les deux premières catégories doivent correspondre à des populations solitaires, c'est-à-dire à des populations en basse densité, très en dessous (1) ou légèrement au dessus du seuil de grégarisation (2). Les trois autres catégories correspondent à des populations transiens ou grégaires, comportant – en proportions variables – des individus transiens et/ou grégaires. Les catégories 3 à 5 sont illustrées par les figures 3 à 5.

La catégorie « essaim de faible densité » correspond approximativement à la dénomination, en usage au sein du CNA, de « vol clair ». Il s'agit d'une population de criquets observés en vol spontané (pas en vol provoqué par la perturbation due à l'observateur) mais visible uniquement de près, chaque criquet étant visible individuellement. De loin, la densité est trop faible, et l'essaim n'est pas visible.

Pour les essaims de densités moyenne et forte, la densité est telle que l'essaim est visible de loin, alors même que les criquets ne sont plus visibles individuellement. Dans le cas d'une densité moyenne, l'essaim ne masque pas le paysage (essaim « transparent »), alors que dans le cas d'une forte densité l'essaim masque le paysage (« essaim opaque »).

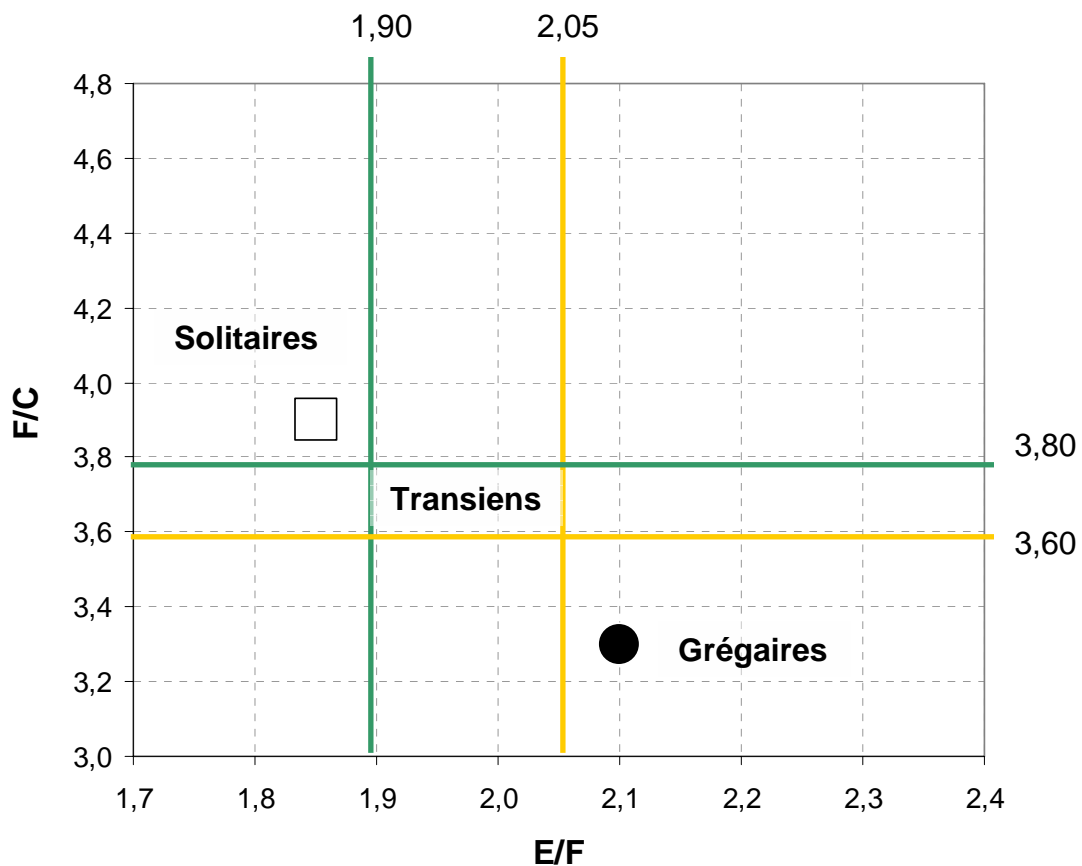


Figure 14. Exemple d'abaque morphométrique pour l'étude de la phase des imagos de criquet nomade.

Les valeurs individuelles des mesures peuvent y être reportées ou simplement la moyenne des mesures réalisées sur un échantillon de la population étudiée. Le carré blanc et le rond noir correspondent respectivement à la moyenne des mensurations d'une population solitaire et d'une population grégaire. Dans la pratique la dispersion des mesures est généralement forte et l'on aura intérêt à considérer essentiellement le barycentre de la population mesurée.



Essaim de faible densité
(« vol clair »)

(photo A. Franc, CIRAD)



Essaim de densité moyenne
(« essaim transparent »)

(photo A. Franc, CIRAD)



Essaim de forte densité
(« essaim opaque »)

(photo M. Lecoq, CIRAD)

Figure 15. Essaims de criquets de différentes densités : faible, moyenne et forte.

Les essaims de densités faible et moyenne sont des essaims de criquets nomades. Celui de forte densité est un essaim de criquets migrants.

Conclusions générales sur l'étude de la phase du criquet nomade

Les études entreprises sur les caractéristiques des phases du Criquet nomade ont permis de mettre au point des critères précis de reconnaissance de l'état phasaire, tant pour les larves que pour les imagos. Chez les larves 4 états phasaires sont distingués (solitaires, solitario-transiens, transiens et grégaires) et chez les imagos 3 états phasaires seulement (solitaires, transiens et grégaires). Pour chaque état phasaire une fiche de description est proposée, à la fois pour décrire l'état phasaire d'un individu, larve ou imago, comme pour caractériser l'état phasaire moyen d'une population.

Ces divers éléments peuvent maintenant servir à compléter la formation des prospecteurs du Centre antiacridien. Les critères vérifiés ou mis au point devraient désormais permettre au personnel du CNA de noter avec fiabilité l'état phasaire des individus comme des populations échantillonnées, renforçant ainsi significativement les éléments de diagnostic de l'état des populations et de la gravité de la situation acridienne.

CHAPITRE 2 - DYNAMIQUE DES POPULATIONS DU CRIQUET NOMADE

Introduction

Le criquet nomade est un acridien au tempérament semi-arboricole, au régime alimentaire diversifié. Il effectue une génération par an, en Afrique comme à Madagascar, et passe toute la mauvaise saison à l'état d'imagos en diapause reproductive (Descamps et Wintrebert, 1966 ; Têtefort et Wintrebert, 1963, 1967).

A Madagascar, les accouplements et les pontes sont observées en novembre et décembre (jusqu'à mi-janvier), avec le début de la saison des pluies qui s'étend jusqu'en avril. La maturation sexuelle dure en moyenne un mois. Les femelles pondent en général 2 à 3 fois, déposant leurs œufs dans le sol à intervalle de 10 à 15 jours. Elles produisent à chaque ponte de 20 à 100 œufs pour les grégaires (moyenne 85) et de 20 à 195 (moyenne 121) pour les solitaires. La ponte a lieu la nuit sur le sol découvert aux alentours des perchoirs, quelques heures à quelques jours après l'accouplement. La période des pontes atteint son maximum en décembre et peut se prolonger jusqu'en février. Les derniers ailés de la génération parentale disparaissent au mois de février, alors que ceux de la nouvelle génération commencent à apparaître.

Les œufs se développent en 24 à 36 jours. Les larves apparaissent à partir de décembre. Le développement larvaire dure environ deux mois (50 à 70 jours). Le nombre de stades larvaires dépend de la phase : il est de 7 chez les solitaires et de 6 chez les grégaires. Le stade supplémentaire chez les solitaires se situe juste avant le retournement des ébauches alaires.

Les imagos de la nouvelle génération apparaissent à partir de mars. Les jeunes ailés durcissent leur tégument en une dizaine de jours. Ils ont des ailes hyalines (transparentes). Le rosisement de l'aile est acquis progressivement et va s'accroître en juin et juillet. Ces imagos passent la saison sèche (d'avril à septembre) en diapause. Leur maturation sexuelle coïncide avec l'abaissement des températures maximales diurnes, l'arrivée des premières pluies et le changement de direction des vents (Frappa, 1935 ; Descamps & Wintrebert, 1966 ; Randriamanantsoa, 1998 ; Randrianasolo, 1978 ; Têtefort & Wintrebert, 1963 ; Franc et al., 2005).

Le stade embryonnaire constitue une période critique du cycle de cet acridien. Des pluies trop peu abondantes en début de saison peuvent avoir des conséquences importantes sur la réussite du développement des œufs et entraîner une mortalité embryonnaire qui peut parfois être totale. L'intercalation de périodes sèches en saison des pluies entraîne une importante mortalité embryonnaire et se traduit, certaines années, par des taux de reproduction très bas, voire nuls, alors qu'une répartition régulière des pluies permet un excellent accroissement de la population (Franc et al., 2005). En Afrique, de nombreux auteurs ont d'ailleurs également montré que le stade embryonnaire est le maillon faible du cycle biologique du criquet nomade et que l'intercalation d'une période sèche après le dépôt des premières pontes est sans doute la première cause d'échec de la reproduction (Albrecht 1956 ; Du Plessis 1937, 1938 ; Gunn, 1956 ; Hemming 1964 ; Lea et Webb, 1939).

Dans leur majorité, les populations de criquet nomade n'effectuent jamais la totalité de leur cycle au même endroit. On a pu montrer récemment l'existence de migrations importantes liées à la saisonnalité des conditions écologiques dans le sud du pays (Franc et al., 2004 ; Lecoq et al., 2006). Les migrations chez le criquet nomade étaient soupçonnées depuis assez longtemps, en particulier sur la base de la disparition des populations de certaines zones en fin de saison des pluies et de leur réapparition au début de la saison des pluies suivantes (Têtefort et Wintrebert, 1967 ; Randrianasolo 1978). Ces migrations, probablement nocturnes, ont pu être démontrées sur la base d'une analyse des données d'archives anciennes du Centre national antiacridien malgache ainsi que d'enquêtes en milieu paysan (Lecoq et al., 2006). Le schéma des migrations a été plus particulièrement étudié au sein du SW du pays où les informations recueillies étaient les plus nombreuses. L'analyse de ces données a montré que les populations de criquet nomade effectuent des migrations orientées schématiquement NE-SW et SW-NE en fonction des systèmes de vents et sous l'influence de l'évolution des pluies. En fonction de ces migrations et des conditions offertes pour la reproduction du criquet en différentes régions du sud-ouest, 5 grandes zones ont été distinguées. On trouve ainsi, du NE vers le SW, la zone refuge de saison sèche, la zone de transition, la zone principale de reproduction, la zone de reproduction secondaire et enfin la zone limite sud (Lecoq et al., 2005). Chacune de ces cinq grandes zones du sud-ouest du pays est caractérisée par un cycle biologique

spécifique qui illustre bien les relations de migration et les complémentarités saisonnières remarquables avec les cycles observés dans les zones voisines. Chaque zone se caractérise également par un taux de reproduction moyen spécifique, reflet des conditions écologiques - tout spécialement pluviométriques - qui sont plus ou moins favorables à la reproduction du Criquet nomade.

Les travaux réalisés au sein du PLPA devaient permettre de préciser divers aspects de la dynamique des populations et du déterminisme des pullulations du criquet nomade. Nous présentons successivement les résultats des études entreprises pour suivre l'évolution des populations de criquet nomade sur une station type de l'aire principale de reproduction, les résultats des enquêtes en milieu paysan dans l'extrême-sud du pays et enfin les résultats de l'analyse des archives récentes (2001-2007) du Centre national antiacridien sur le criquet nomade.

1. Suivi de la dynamique des populations du criquet nomade à Ankiliarivo

L'objectif de cette étude était d'apporter des précisions sur la biologie, l'écologie, la dynamique des populations et les migrations du criquet nomade dans le sud malgache par des observations intensives, en continu pendant toute la durée du projet, sur un site situé au sein de la zone principale de reproduction de cette espèce.

1.1. Méthode

Le site retenu pour ces études est une station acridienne située à environ un kilomètre du village d'Ankiliarivo (23°47'02" S – 44°23'13" E). Cette station est une station classique pour le criquet nomade. Localisée à environ 7 km au sud-ouest de Betioky-Sud, elle a fait l'objet d'études de la part de D. Wintrebert dans les années 1960 puis de E. Randrianasolo au début des années 1970. Elle a été suivie d'une manière intensive dans le cadre du PCLA de 2001 à 2003, et les travaux réalisés au sein du PLPA de 2005 à 2008 se situaient donc dans la prolongation de ces études.

Sur cette station (figure 16), des observations ont été conduites deux fois par semaine, en continu, de décembre 2005 à fin mai 2008, en saison des pluies comme en saison sèche :

- densité de larves et d'ailés (50 comptages à vue sur des surfaces échantillon de un mètre carré pour les larves ; comptages à vue sur 10 bandes de 100 mètres de longueur et 1 mètre de largeur pour les imagos) ;
- structure de la population larvaire (L1 à L7) ;
- structure d'âge de la population imaginale : A1 à A5, A1b, A2b, A5b (A1 jeunes imagos femelles à téguments mous ; A2 imagos femelles à téguments durs et ovaires immatures, pas de vitellogénèse en cours ; A3 imagos femelles avec des ovaires en cours de vitellogénèse n'ayant pas pondu ; A4 imagos femelles en cours de vitellogénèse ayant pondu ; A5 imagos femelles vieux avec des téguments abîmés ; A1b imagos mâles à téguments mous ; A2b imagos mâles à téguments durs, aspect jeune ; A5b imagos mâles d'aspect vieux et téguments abîmés) ;
- phénologie du tapis végétal (hauteur et pourcentage de parties vertes de la strate herbacée) ;
- humidité du sol.

Pour conduire ces observations sur Ankiliarivo (figure 17) d'une manière permanente durant toute la durée du projet, le CIRAD a recruté l'ancien observateur du projet PCLA en charge de cette station (contrat de travail local du 1/12/2005 au 20/11/2007, prolongé jusqu'en fin mai 2008). Cet observateur connaissait déjà parfaitement la station acridienne et maîtrisait totalement les techniques de prospection, y compris la dissection des échantillons et les observations météorologiques de base (figure 18).

Pour augmenter l'intensité d'échantillonnage (nombre de larves et d'imagos capturés lors de chaque prospection), l'observateur a recruté localement, à la journée, un captureur, rémunéré également par le CIRAD.

Par ailleurs, un poste météorologique sommaire a été installée sur le village d'Ankiliarivo, non loin de la station acridienne : seau pluviométrique et éprouvette graduée, thermomètre minima/maxima,

thermo-hygromètre électronique enregistreur (température et humidité relative de l'air enregistrés toutes les heures sur toute la période d'étude).

L'observateur a été équipé de tout le matériel nécessaire aux prospections : 2 filets de capture, 2 sacs de capture, 1 flacon à cyanure, 1 trousse à dissection (ciseaux, 2 paires de pinces, 1 loupe à main), 1 loupe binoculaire WILD (observation de l'état des ovaires), fiches d'observations acridiennes, fiches de relevé météorologique, crayons, stylos..., classeur pour rangement des fiches d'observation, calculatrice, bicyclette (type VTT) pour se rendre sur le site à prospector.

Page suivante :

Figure 16. La fiche pour consigner les observations sur le criquet nomade lors des prospections réalisées sur la station d'Ankiliarivo.

FICHE D'OBSERVATION DU CRIQUET NOMADE – ANKILIARIVO

Date :

Végétation herbeuse : % verts..... % hauteur.....cm

Végétation arbustive : % verts..... % hauteur.....cm

Humidité du sol (S ou H) :

Surface	0-5 cm	5-12 cm	12-30 cm	> 30 cm

Densité de larves : Comptages /m² (100 répétition):

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Total de larves : Densité moyenne de larves : /m²/ha

Densité des imagos : Comptages / 100m² (10 répétitions) :

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Total d'imagos : Densité moyenne d'imagos :/ hectare

Echantillonnage des larves (nombres capturés):

L1	L2	L3	L4	L5	L6

Echantillonnage des ailés (nombres capturés):

FEMELLES					MALES		
Mou	Dur immature	Vitellogénèse	Pondu	Vieux	Mou	Dur jeune	Vieux
		V1/4	1P				
		V1/2	2P				
		V3/4	Plus				
		V4/4					

Remarques :



Figure 17. La station d'Ankiliarivo en fin de saison des pluies, en avril 2007.

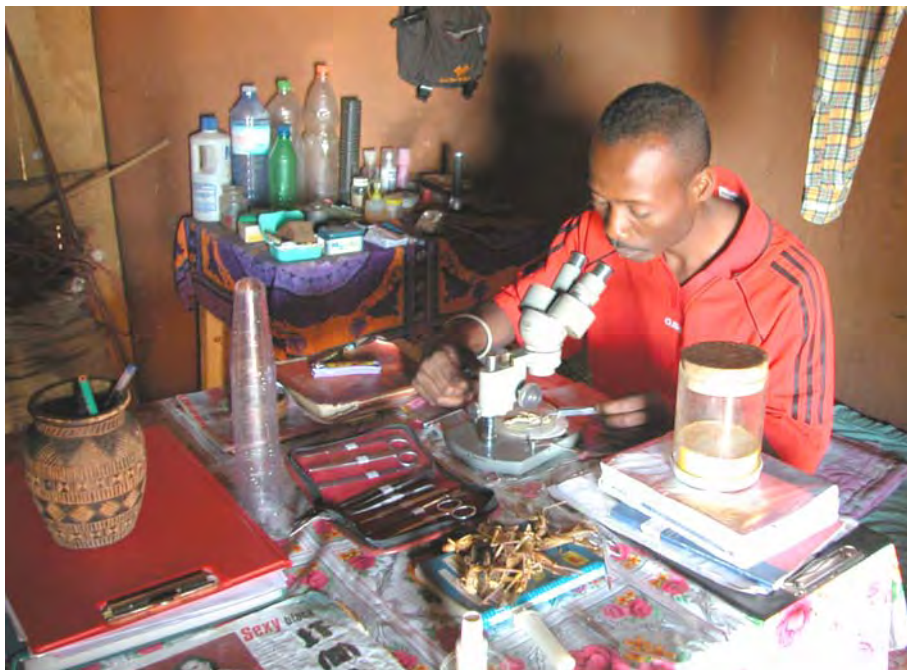


Figure 18. Analyse d'échantillons de criquet nomade par l'assistant de recherche chargé des prospections sur la station d'Ankiliarivo, près de Betioky.

1.2. Résultats

1.2.1. Les conditions écologiques sur le site d'étude de décembre 2005 à mai 2008

Les figures 19 à 22 fournissent un aspect de l'évolution des principaux paramètres environnementaux suivis sur la station d'étude de décembre 2005 à mai 2008 :

- pluviométrie
- pourcentage de parties vertes dans la végétation herbacée
- hauteur de la végétation herbacée
- température de l'air
- humidité relative de l'air
- fréquence des feux de brousse.

L'essentiel des précipitations se situe entre novembre et début mai. Le tapis végétal évolue en parallèle à la pluviométrie. La hauteur de la végétation herbacée est maximale entre février et avril. Le pourcentage de verdure du tapis végétal atteint 100% de début janvier à la mi-mars approximativement (figure 19). Les températures évoluent entre 13-25°C. (min/max) en saison fraîche (juin, juillet, août) et 25-42°C. en saison chaude (novembre, décembre). Les maxima baissent notablement au cœur de la saison des pluies pour se situer aux alentours de 37°C. de janvier à mars (figure 20). L'humidité relative de l'air se situe aux alentours de 15-70% (min/max) vers septembre/octobre en saison sèche, contre 50-90% en pleine saison des pluies (figure 21). Les feux de brousse sont très fréquents en saison sèche, d'avril à octobre où l'on observe de 1 à 4 feux de brousse par mois sur cette station (1,5 par mois en moyenne). Ces feux sont rares en saison des pluies, 0,09 en moyenne par mois de décembre à février, soit 17 fois moins environ (figure 22).

Les saisons des pluies 2005-2006, 2006-2007 et 2007-2008 se caractérisent par un total de pluies de 515 mm, 785 mm et 494 mm respectivement (de novembre à avril, sauf pour 2005 où les données de novembre n'étaient pas disponibles). La saison sèche 2006 enregistre 22 mm de pluie (de mai à octobre) et la saison sèche 2007, 45 mm. La saison des pluies 2006-2007 enregistre le plus fort total pluviométrique mais se caractérise également par une longue période sèche de plus d'un mois du 20 février au 6 avril. La saison 2005-2006 connaît également une telle période sèche du 12 février au 12 avril, seulement entrecoupée de quelques pluies inférieures à 5 mm, sécheresse qui se ressent nettement au niveau du degré de verdure du tapis végétal.

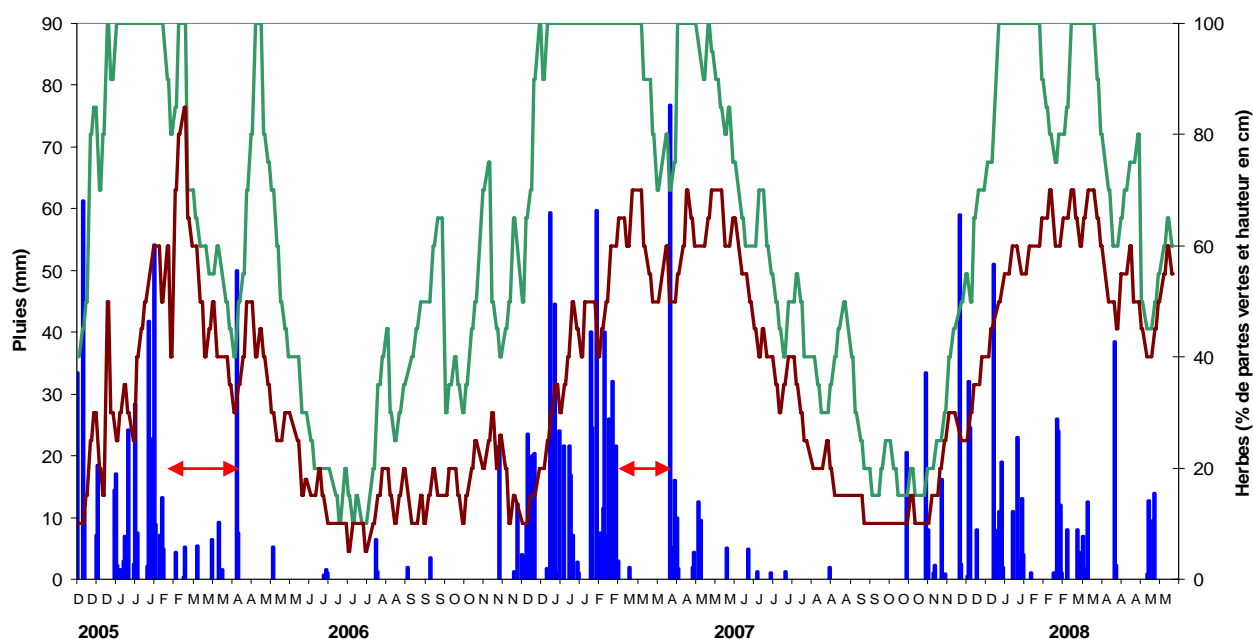


Figure 19. Evolution de la pluviométrie et de l'état du tapis végétal sur le site d'Ankilarivo.

Histogramme bleu, pluviométrie ; courbes vert et marron, % de parties vertes et hauteur de la végétation herbacée.

Flèches rouges : périodes sèches en saison des pluies.

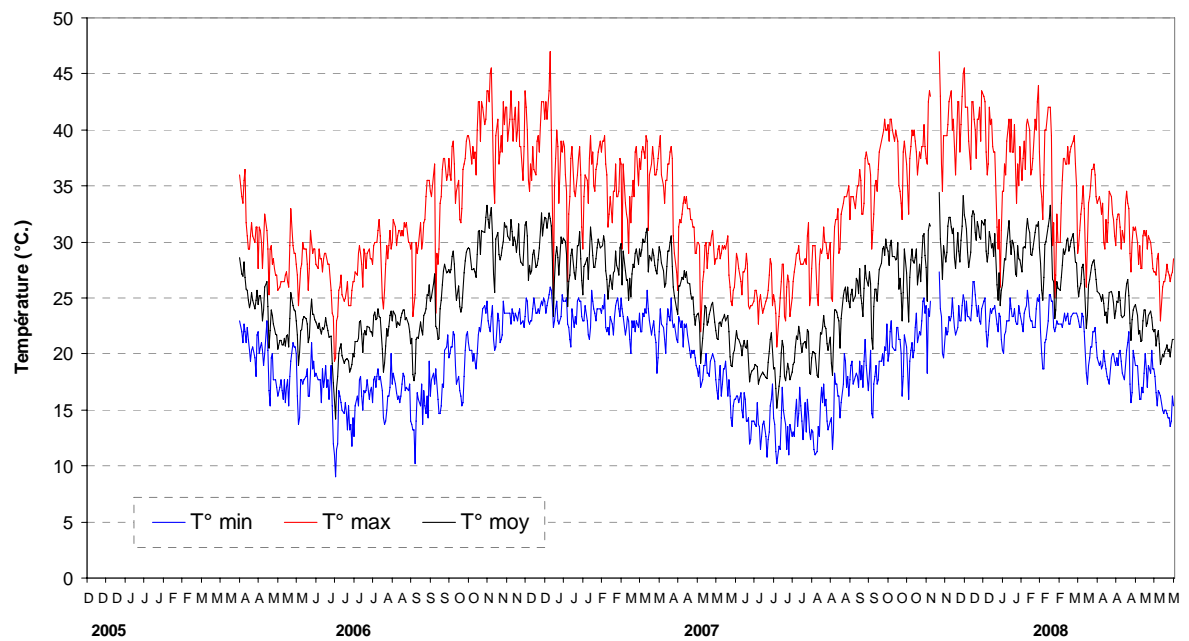


Figure 20. Evolution de la température de l'air au village d'Ankiliarivo, à 1km du site d'observation.

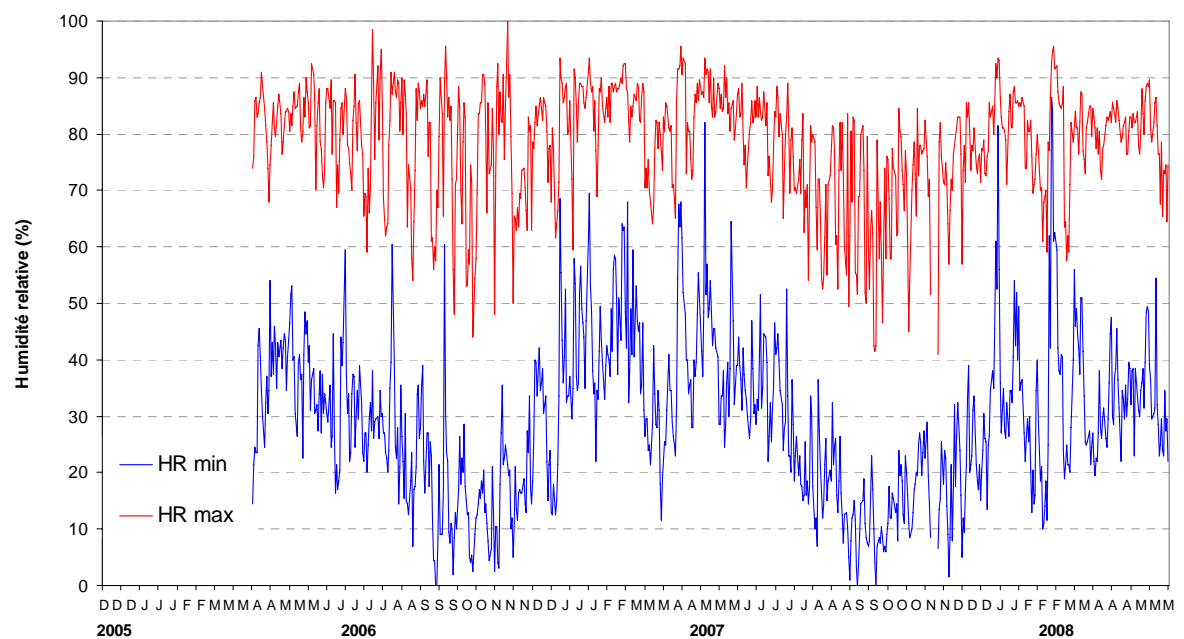


Figure 21. Evolution de l'humidité de l'air au village d'Ankiliarivo, à 1km du site d'observation.

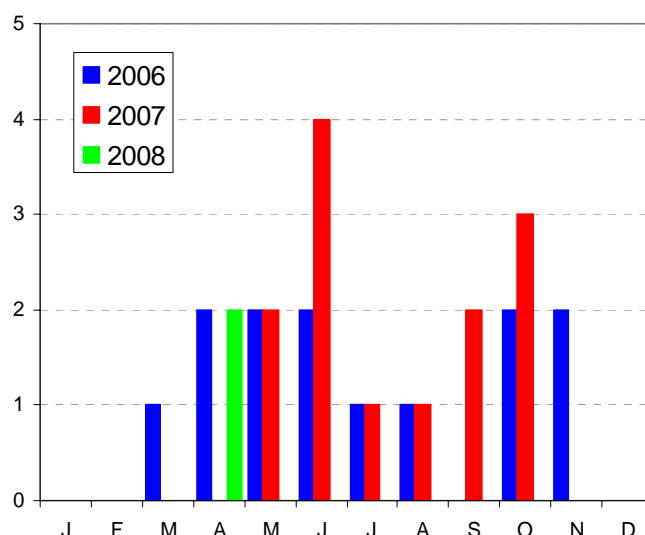


Figure 22. Fréquence mensuelle des feux de brousse sur le site d'Ankiliarivo, de janvier 2006 à mai 2008.

D'avril à octobre on observe de 1 à 4 feux de brousse par mois sur cette station (1,5 par mois en moyenne d'avril à novembre, contre 0,09 en moyenne de décembre à février).

1.2.2. Le cycle du criquet nomade sur Ankiliarivo de décembre 2005 à mai 2008

1.2.2.1. La succession des générations et les migrations

La figure 23 représente l'évolution des densités de larves et d'imagos de criquet nomade sur la station d'Ankiliarivo de fin 2005 à mi-2008. Elle met bien en évidence un cycle, par ailleurs bien connu, à une seule génération annuelle, avec un développement larvaire en saison des pluies de janvier à mars, et des imagos en saison sèche et début de saison des pluies.

Sur cette figure, les flèches soulignent les apports et départs massifs de populations d'ailés. Au cœur de la saison sèche, le site est complètement déserté par le criquet nomade. Des imagos d'origine allochtone arrivent peu à peu avec les premières pluies. Ils se reproduisent sur place, donnent naissance à la population larvaire et à la population imaginale de la génération fille. Les nouveaux imagos apparaissent en mars. A partir du mois de mai, avec le dessèchement de la végétation, ces jeunes imagos émigrent et délaissent la station qui se vide peu à peu.

Le départ des jeunes imagos en début de saison sèche coïncide avec le dessèchement rapide de la végétation suivant la fin de la saison des pluies. Schématiquement, dès que le pourcentage de parties vertes descend en dessous de 50-60%, on note une émigration des imagos. Dès que ce pourcentage passe au dessus de 50-60, en début de saison des pluies, des imagos immigrants sont notés (figure 24).

Les imagos allochtones arrivant en début de saison des pluies, se reproduisent sur place et, en 2005-2006 comme en 2006-2007, disparaissent progressivement par mortalité naturelle en janvier. En février, les imagos sont complètement absents et ne réapparaissent qu'en mars avec les jeunes individus de la nouvelle génération. On remarquera qu'en 2007-2008, la situation est assez sensiblement différente. Si la densité de vieux imagos décroît en saison des pluies en janvier et février, elle ne s'annule pas comme les années précédentes en février. En fin février une population notable de vieux imagos subsiste encore (densité imaginale du 28 février de 290/ha) et dès le début mars les jeunes imagos apparaissent et font augmenter la densité imaginale qui passe à 1360/ha vers la mi-mars. Il est possible que les conditions écologiques aient été plus favorables à la survie des vieux imagos en saison des pluies 2008 : pluviométrie très inférieure en janvier-février 2008 (174 mm), contre 303 et 387 mm en 2006 et 2007 respectivement.

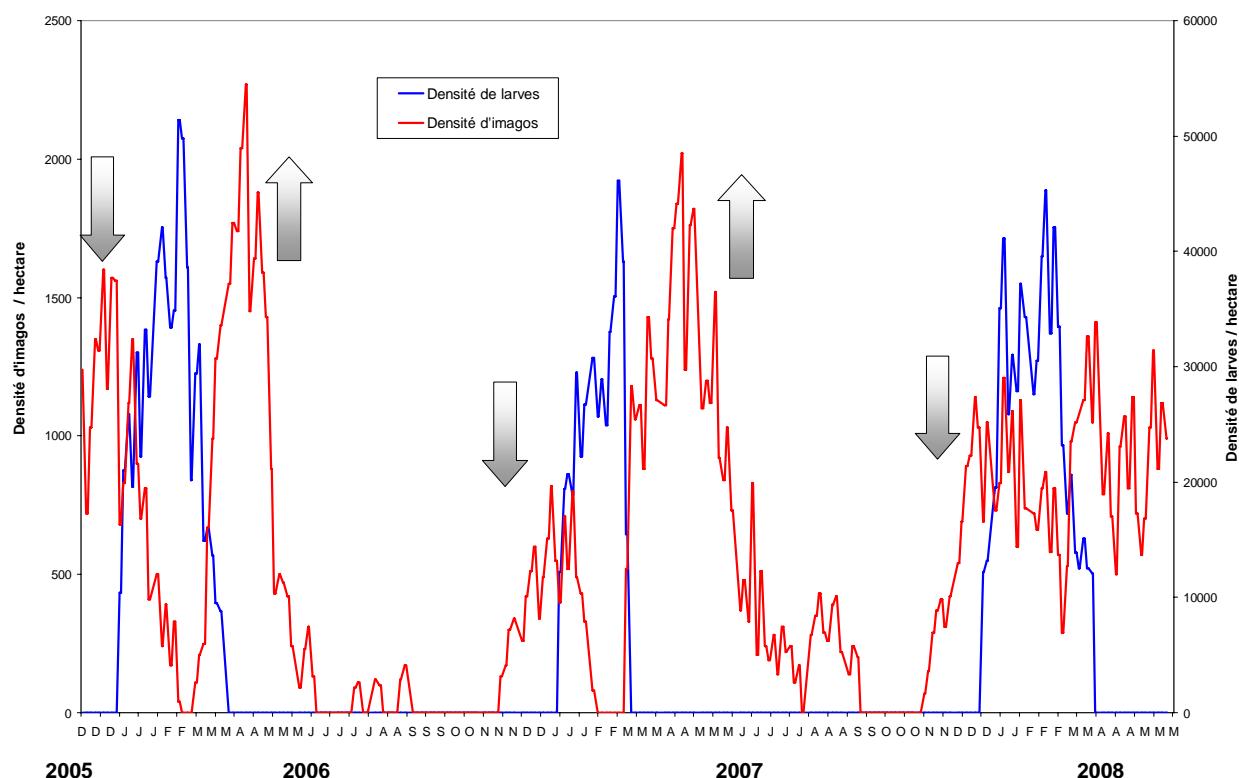


Figure 23. Evolution des densités de criquets nomades sur le site d'Ankiliarivo de décembre 2005 à mai 2008.

Les flèches soulignent les apports et départs massifs de populations d'ailés.

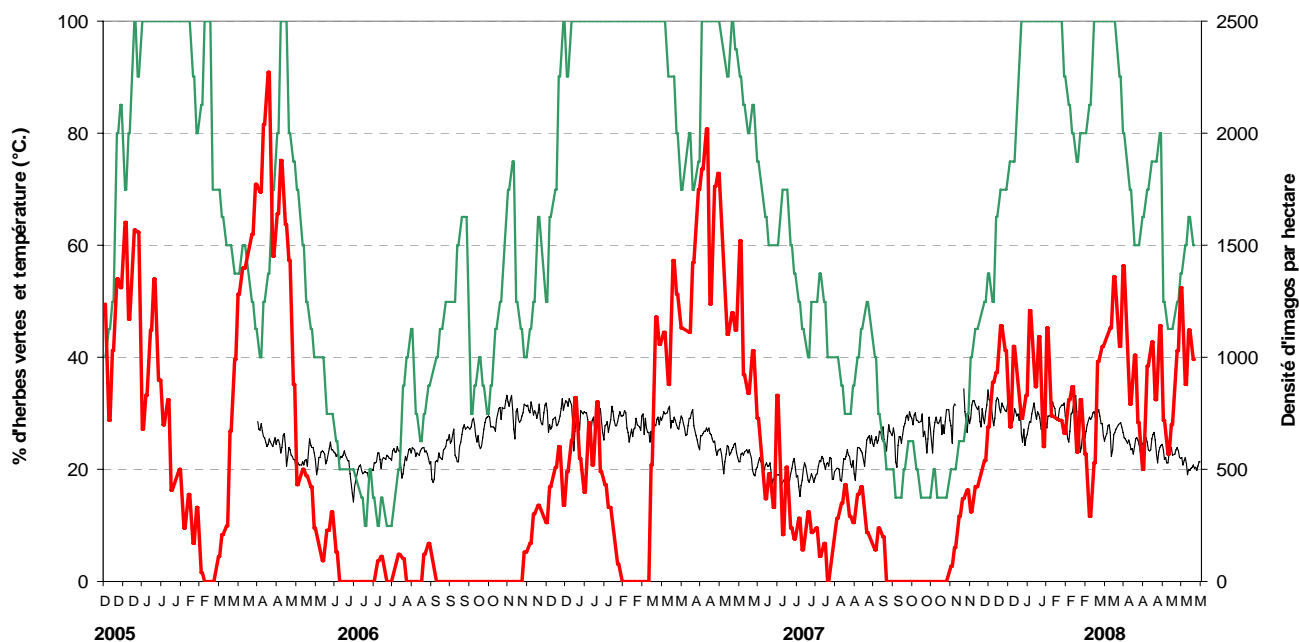


Figure 24. Evolutions comparées de la densité d'imagos de criquets nomades, du degré de verdissement de la végétation et de la température de l'air sur le site d'Ankiliarivo.

Densité imaginale, en rouge ; % d'herbes vertes, en vert ; température moyenne journalière de l'air, en noir. Le départ des jeunes imagos en début de saison sèche coïncide avec le dessèchement rapide de la végétation suivant la fin de la saison des pluies. Schématiquement, dès que le pourcentage de parties vertes descend en dessous de 50-60%, on note une émigration des imagos. Dès que ce pourcentage passe au dessus de 50-60, en début de saison des pluies, des imagos immigrants sont notés.

1.2.2.2. Le développement larvaire

Les larves sont observées essentiellement en janvier, février et mars. Leur densité maximale a été fort voisine au cours des 3 années d'observation, de l'ordre de 50000/hectare au maximum (51400, 46100 et 45300 respectivement en 2006, 2007 et 2008) (figure 25).

La durée du développement larvaire

La durée du développement larvaire estimée à partir de l'intervalle de temps séparant la première occurrence des larves de stade 1 et celle des jeunes imagos à téguments mous est en moyenne de 62 jours (63, 56, 66). Une estimation basée sur les pics d'occurrence de L1 et de jeunes à téguments mous donne la même estimation : 62 jours (68, 60, 60) (tableau 8).

La durée des stades larvaires

Les temps de développement de chaque stade ont pu être évalués, soit par la méthode de première occurrence, soit par détermination graphique (figures 26, 27 et tableau 9). Les estimations demeurent cependant imprécises, en particulier du fait de l'espacement (entre 3 et 4 jours) des dates de prospection.

Les cohortes larvaires

Chaque stade larvaire est constitué d'une série de cohortes successives correspondant à l'échelonnement des pontes et des éclosions (tableau 10). De ce fait, la période de présence de chaque stade est bien supérieure à la durée du stade. Cette durée de présence de chaque stade larvaire est très différente d'une année à l'autre. Ainsi, en 2006, on observe très nettement 4 cohortes successives de larves L1, se traduisant par 4 pics successifs de densité de L1, chaque pic étant lui-même composite et la somme des différentes cohortes journalières.

Chaque cohorte subit naturellement des conditions écologiques plus ou moins favorables, différentes des cohortes précédentes et des cohortes suivantes, résultat de l'évolution des conditions écologiques en cours de saison des pluies, et en particulier de l'intercalation de périodes sèches. Chacune de ces cohortes peut ainsi subir une mortalité plus ou moins importante, voire être complètement éliminée.

Ainsi, alors que les L1 (dont la durée moyenne de développement est de l'ordre de 9-10 jours) sont observés pendant 54 et 43 jours respectivement en 2006 et 2008, ils ne sont observés que pendant 29 jours en 2007. Il en va de même des autres stades larvaires qui sont observés pendant une période beaucoup plus courte en 2007 par rapport aux deux autres années. Il semble que les dernières cohortes de larves, en 2007, aient été éliminées, sans doute en conséquence de conditions écologiques défavorables, sans qu'il soit possible de préciser ces conditions. On observe, en 2007, un mois de mars particulièrement sec, sans aucune pluie du 20 février au 6 avril (à l'exception de 3 mm le 22 février et de 2 mm le 3 mars). Cette longue période sèche en pleine saison des pluies a pu être très préjudiciable aux larves. Elle n'explique cependant pas comment les larves de premier stade disparaissent beaucoup plus précocement que pour les deux autres années (surtout 2006), dès le début du mois de février. Il est probable que les cohortes correspondantes aient été éliminées dès le stade embryonnaire du fait de conditions défavorables en cours de développement des œufs, voire en cours de période de ponte pour les femelles, sans qu'il soit possible de préciser ces conditions au vu des variables environnementales enregistrées.

On peut noter que décembre 2006 a été très pluvieux, 262 mm et 232 mm sur Betioky et Ankiliarivo, respectivement, contre 131 mm seulement en décembre 2005 et 190 et 184 mm en décembre 2007. Il est possible qu'une pluviométrie trop forte soit défavorable au développement des œufs. Nous verrons, par l'analyse des archives (voir plus loin) une corrélation positive entre densité de larves et pluies du mois et du mois précédent, avec cependant une limite supérieure au-delà de laquelle la densité larvaire décroît. Cette limite est assez élevée et de l'ordre de 300 mm par mois. Sans avoir été atteinte en décembre 2006, il est possible que certaines cohortes aient souffert d'un excès d'humidité. On remarquera en particulier une fin du mois de décembre 2006 très pluvieuse avec 133 mm en 5 jours, du 27 au 31 décembre (et 218 mm du 27/12 au 13/1).

Au final, l'abondance des larves à un moment donné est le résultat de l'action des conditions environnementales - pluies en particulier - sur les différentes cohortes tout au long de leur développement embryonnaire (voir avant, au moment de la production des œufs chez les femelles)

puis larvaire. Ces conditions peuvent tour à tour être plus ou moins propices ou plus ou moins défavorables. Il en résulte une dynamique complexe assez difficile à expliquer dans le détail.

La comparaison de ces trois années montre l'impact que peut revêtir une pluviométrie trop abondante. Des observations antérieures (Franc et al. 2004), réalisées dans les clairières du plateau Mahafaly sur le site de Beomby de 2001 à 2003, avaient inversement montré l'impact du manque de pluies au cours des périodes de ponte et de début du développement larvaire, une pluviométrie trop peu abondante ou trop irrégulière pouvant entraîner également (comme l'excès d'humidité) une mortalité élevée.

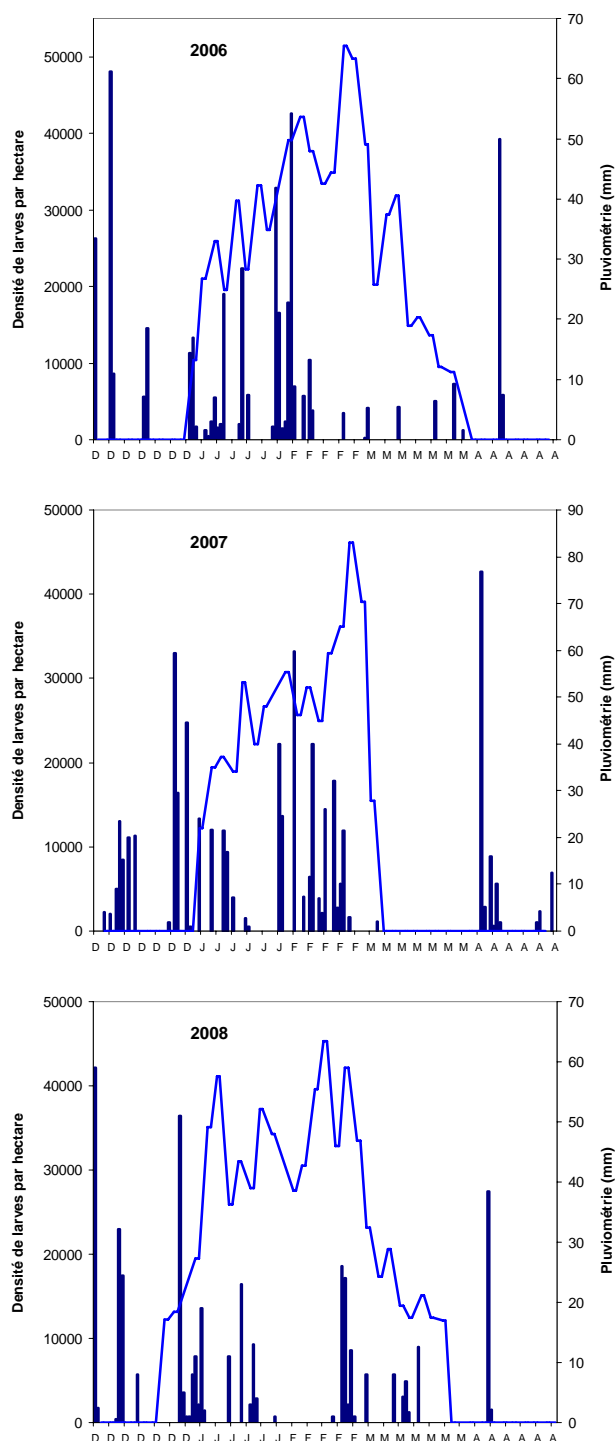


Figure 25. Evolution des densités de larves de criquets nomades en 2006, 2007 et 2008 sur le site d'Ankiliarivo.

Pluviométrie : histogramme bleu foncé.

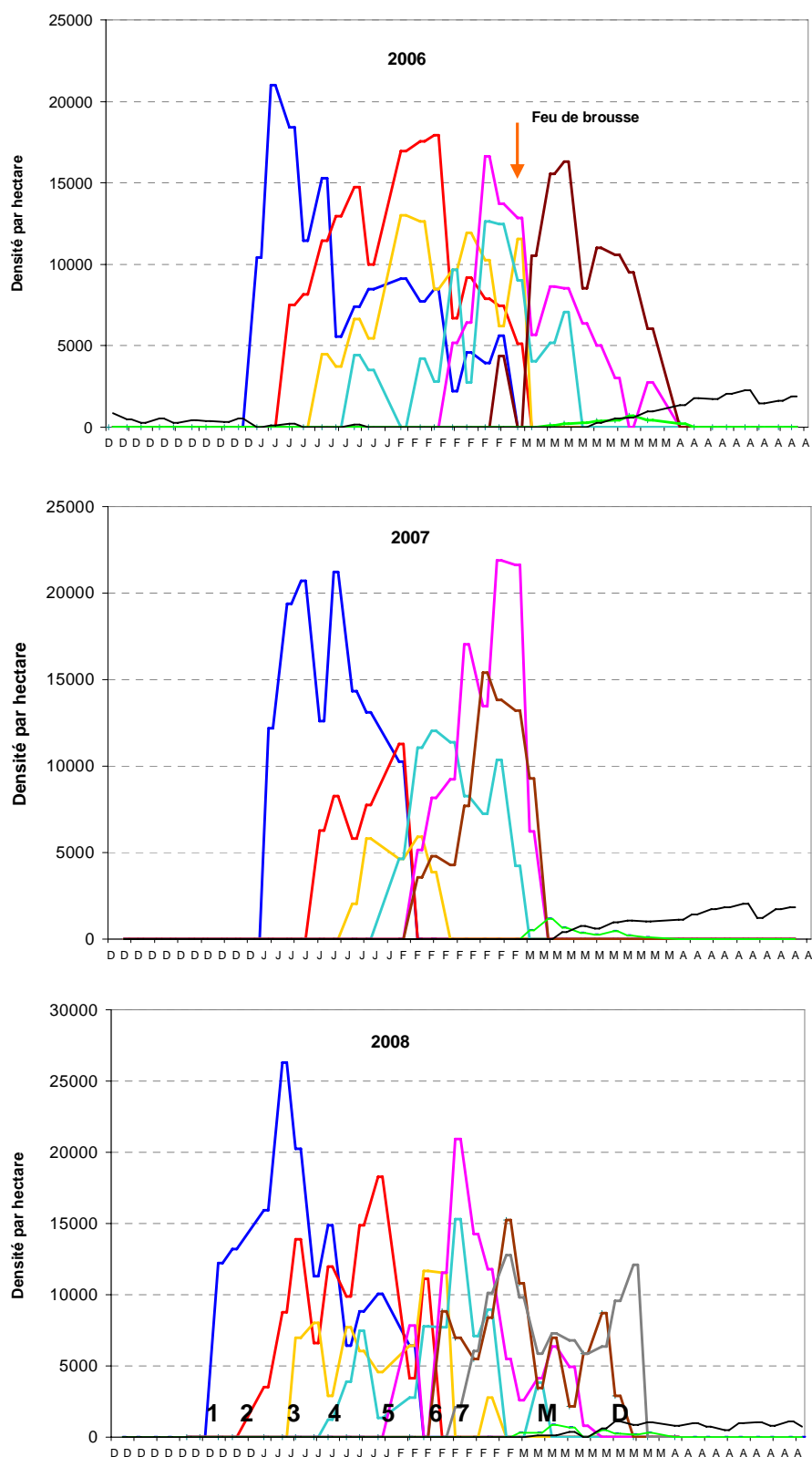


Figure 26. Evolution des densités des divers stades larvaires en 2006, 2007 et 2008 sur le site d'Ankiliarivo.

Pour 2008 : stades L1, bleu foncé ; L2, rouge ; L3, jaune ; L4, bleu clair ; L5, violet ; L6, marron ; L7, gris ; imagos à téguments mous, vert ; imagos à téguments durs, noir.

NB. En 2008, sept stades larvaires ont été distingués grâce à une meilleure formation de l'observateur, contre 6 seulement en 2006 et 2007 (stades 4 et 5, avant retournement des ptérothèques, confondus en une seule classe 4).

Tableau 8. Durée totale du développement larvaire.

Année	1ère occ L1	1ère occ IM	Durée	Pic L1	Pic IM	Durée
2006	2/1	6/3	63	5/1	13/3	68
2007	4/1	1/3	56	8/1	5/3	60
2008	24/12	28/2	66	7/1	6/3	60

1ère occ L1, date de première occurrence des larves de stade 1 ; 1ère occ IM, première occurrence des imagos à téguments mous ; Pic L1 et Pic IM, date du premier maximum de la densité de larves de stade 1 et d'imagos à téguments mous.

Tableau 9. Durée de chaque stade larvaire.

Méthode de première occurrence					Méthode graphique				
Stades	2006	2007	2008	Moyenne	Stades	2006	2007	2008	Moyenne
1	7	11	10	9	1	7	12	11	10
2	7	7	7	7	2	7	10	6	8
3	7	10	7	8	3	7	7	9	8
4	21	4	18	14	4	21	7	10	13
5	10	0	7	6	5	11	7	8	9
6	11	24	3	13	6	10	15	7	11
7	-	-	14	14	7	-	-	11	12
IM	10	7	4	7	IM	-	6	6	6
ID	-	-	-	-	ID	-	-	-	-

L1 à L7, stades larvaires ; IM, imagos à téguments mous ; ID, imagos à téguments durs

Tableau 10. Durée de présence des stades larvaires.

Stades	Première occurrence			Dernière occurrence			Durée de présence du stade			
	2006	2007	2008	2006	2007	2008	2006	2007	2008	Moyenne
L1	31/12	4/1	24/12	23/2	1/2	11/2	54	29	43	42
L2	9/1	15/1	3/1	27/2	1/2	7/2	50	18	36	35
L3	16/1	22/1	10/1	27/2	8/2	21/2	43	18	43	35
L4	23/1	1/2	17/1	9/3	26/2	3/3	46	26	47	40
L5	13/2	5/2	4/2	27/3	1/3	13/3	43	25	39	36
L6	23/2	5/2	11/2	27/3	1/3	20/3	33	25	39	32
L7	-	-	14/2	-	-	24/3	29	26	40	32
IM	6/3	1/3	28/2	3/4	26/3	27/3	-	-	29	29
ID	16/3	8/3	3/3	-	-	-	-	-	-	-

L1 à L7, stades larvaires ; IM, imagos à téguments mous ; ID, imagos à téguments durs

Seuls 6 stades ont été distingués en 2006 et 2007. En 2008, grâce à une meilleure formation de l'observateur, il a été possible de distinguer les 7 stades larvaires.

Le début du développement larvaire est observé fin décembre (31/12/2005, 24/12/2007) ou tout début janvier (4/1/2007).

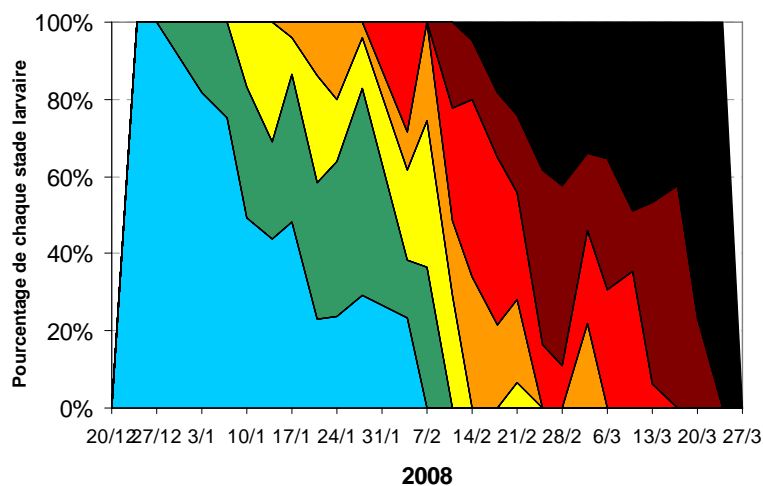
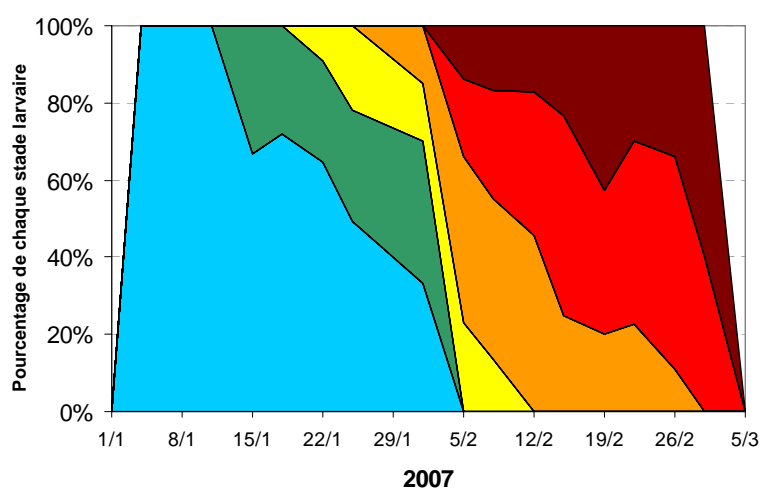
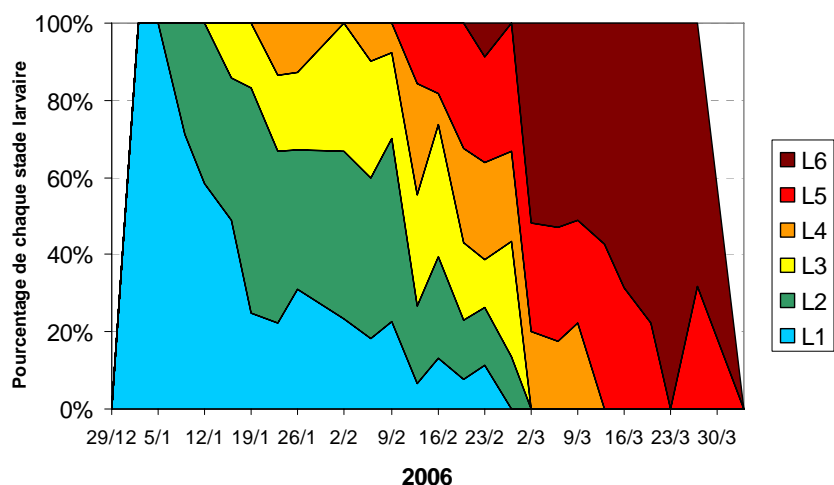


Figure 27. Evolution du pourcentage des différents stades larvaires au cours des années 2006, 2007 et 2008 sur le site d'Ankiliarivo.

NB. En 2008, 7 stades larvaires ont été distingués grâce à une meilleure formation de l'observateur, contre 6 seulement en 2006 et 2007 (stades 4 et 5, avant retournement des ptérothèques, confondus en une seule classe 4).

1.2.2.3. Les imagos : diapause ovarienne, maturation sexuelle et ponte

Faisant suite au développement des larves et à la **mue imaginale**, les jeunes imagos à téguments mous sont notés du 6 mars au 3 avril, du 1er au 26 mars et du 28 février au 27 mars, respectivement en 2006, 2007 et 2008 (figure 28).

Les femelles à téguments durs et ovaires immatures (passant la saison sèche en diapause imaginale) sont notés du 16 mars au 27 novembre, du 8 mars au 22 novembre et à partir du 3 mars, respectivement en 2006, 2007 et 2008.

La population imaginale passe la saison sèche en **diapause ovarienne**. Aucun développement ovarien n'est observé durant toute cette période. Les observations, parfois signalées par les prospecteurs, d'un fonctionnement ovarien en saison sèche résultent à l'évidence d'un manque de formation et d'une confusion probable entre début de vitellogenèse et corps gras.

Ce n'est qu'avec le début de la saison des pluies que la maturation sexuelle de la population est observée.

Le 1er décembre 2005, à la date du début des prospections, les femelles en cours de **vitellogenèse** sont déjà observées. Elles sont notées à partir du 16 novembre en 2006 et du 12 novembre en 2007, soit sensiblement à la même date (aux imprécisions liées à l'espacement des prospections).

Les premières femelles ayant pondu (après la **1ère ponte**) sont notées le 4 décembre en 2006 et le 3 décembre en 2007. En 2005 elles ont été notées seulement le 26 décembre, mais à cette date des femelles bipares sont déjà notées et les premières femelles unipares ont dû apparaître plus tôt et passer inaperçues à cette période correspondant au tout début des observations.

Les femelles ayant **pondu 2 fois** sont notées le 26 décembre en 2005, le 1 janvier en 2007, puis le 27 décembre en fin 2007.

En début 2008 sont observées le 4 février quelques femelles ayant **pondu 3 fois**.

Les vieux individus sont notés dès le 4 janvier pour la saison 2006-2007, le 3 mars pour la saison 2007-2008.

Les dernières imagos de la vieille génération sont notés le 16 février pour la saison 2005-2006, le 1er février pour la saison 2006-2007 et le 3 mars pour la saison 2007-2008, époque à laquelle commencent déjà à apparaître les jeunes imagos de la génération suivante.

En résumé, les principales étapes de la période de reproduction sont observées chaque année sensiblement aux mêmes dates : début de maturation sexuelle vers la mi-novembre, première ponte début décembre, deuxième ponte fin décembre, troisième ponte en janvier et vieux individus en fin de période reproductive en fin janvier et février.

1.2.2.4. Le taux de reproduction

Globalement, malgré les problèmes survenus en cours de développement larvaire en 2006-2007, la reproduction du criquet nomade a été réussie en 2006-2007 et 2007-2008 et moins bonne en 2005-2006 (densité de la génération fille inférieure à la densité de la génération parentale) (tableau 11).

Sur les 3 années, le taux de réussite du développement embryonnaire est bon (compris entre 32% et 56%), celui du développement larvaire est voisin pour les 3 années compris entre 0,024 et 0,030 (la population imaginale représente entre 2,4 et 3,0 % de la population larvaire). Au final, en 2006-2007 et 2007-2008, la génération fille possède une densité légèrement plus élevée que la génération parentale. Par contre, en 2005-2006 le bilan est négatif, peut-être la conséquence d'une longue période sèche, du 12 février au 12 avril, seulement entrecoupée de quelques pluies. Cette sécheresse s'est nettement traduite au niveau de degré de verdure du tapis végétal qui est descendu à 40% le 10 avril avant de remonter à 100% le 27 avril, quelques jours après une pluie de plus de 50 mm.

Conclusions

Les données collectées sur le site d'Ankiliarivo pendant presque 3 années, tant sur le cycle biologique du criquet nomade que sur les conditions écologiques, constituent pour le CNA un référentiel détaillé comme il n'en existait pas jusqu'à présent. Les observations réalisées confirment les principaux événements du cycle biologique de cette espèce, à savoir :

- diapause imaginale de saison sèche ;
- une génération par an ;
- maturation sexuelle et ponte en début de saison des pluies, en novembre et décembre ;
- développement larvaire de janvier à mars ;
- immigration des imagos en début de saison des pluies et émigration en fin de saison des pluies, toutes caractéristiques d'une station de reproduction recevant des imagos allochtones pendant la période pluvieuse favorable ;
- régularité annuelle des événements clés de la reproduction: maturation sexuelle et pontes ; par contre le développement larvaire peut être profondément affecté par les conditions écologiques subies par les œufs en cours de développement et par les larves elles mêmes : le début comme la fin du développement larvaire peuvent être plus ou moins précoces en fonction de la qualité des conditions écologiques; certaines cohortes peuvent être éliminées se traduisant par une fin plus précoce de la présence des larves (élimination des dernières cohortes) ou par un début plus tardif (élimination des premières cohortes) ;
- taux de reproduction sans doute dépendant étroitement des conditions pluviométriques à la fois pendant la période de ponte et de développement embryonnaire (nécessité de pluies abondantes et régulièrement réparties) et pendant le développement larvaire où les périodes sèches (> 1 mois) sont défavorables de même que des pluies trop importantes.

L'impact des conditions des conditions écologiques sur le comportement de cet insecte et en particulier son taux de reproduction sera précisé un peu plus loin, à l'occasion de l'analyse des archives récentes du CNA.

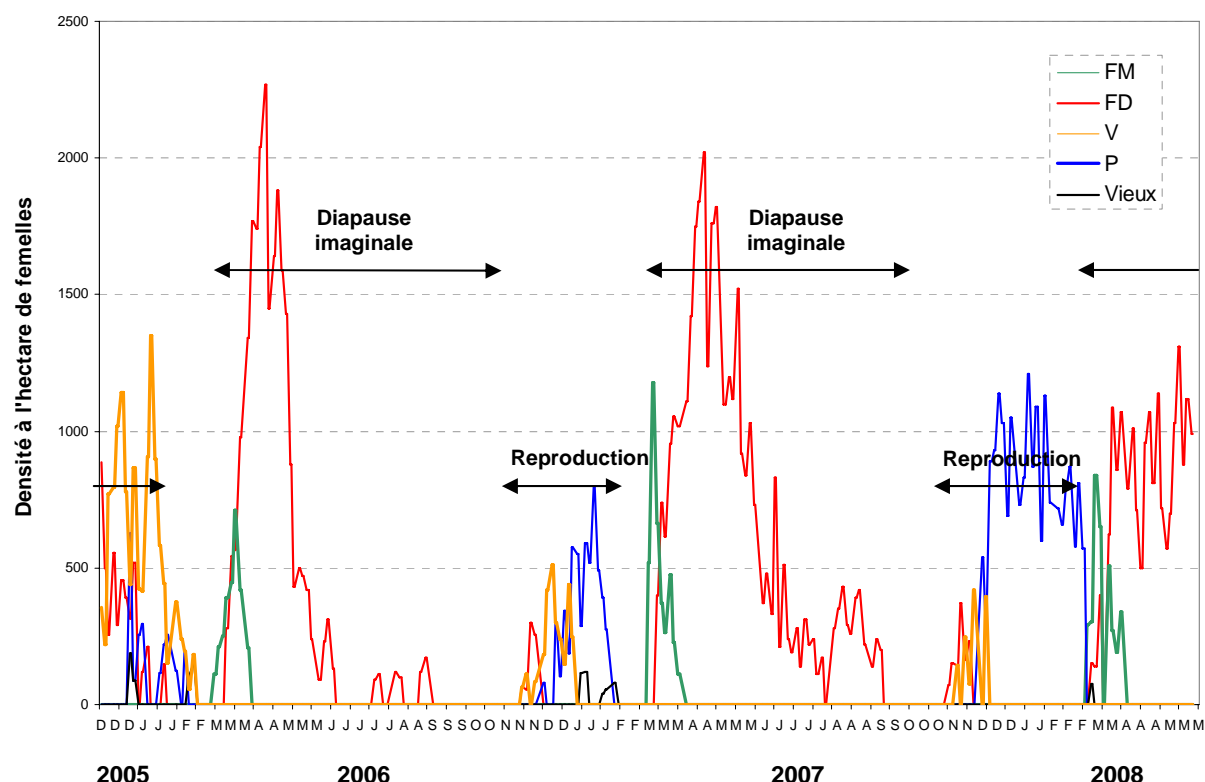


Figure 28. Evolution de la maturité sexuelle des populations femelles.

FM, imagos femelles à téguments mous ; FD, imagos femelles à téguments durs en pré-vitellogenèse ; V, imagos en cours de vitellogenèse ; P, imagos ayant pondu ; vieux, imagos âgés en fin de vie reproductive.

Remarque : En fin 2005, il est probable que certaines femelles pares aient été confondues avec des femelles nullipares en cours de vitellogenèse du fait d'un manque d'expérience de l'observateur. Les observations sur la maturation sexuelle de la population imaginale sont sans aucun doute plus fiables pour les débuts de saison des pluies 2006-2007 et 2007-2008.

Tableau 11. Evaluation de la réussite de la reproduction du criquet nomade sur Ankiliarivo au cours des 3 années d'étude.

Saison	dIn	date	dLn+1	date	dLn+1	Date (*)	x E	x L	R
2005-2006	1600	19/12/05	51400	20/2/06	1280	23/3/06	32	0,025	0,80
2006-2007	820	28/12/06	46100	22/2/07	1110	12/3/07	56	0,024	1,35
2007-2008	1140	17/12/07	45300	14/2/08	1360	20/3/08	40	0,030	1,19

dIn, densité imaginale maximale en début de saison des pluies (génération n)

dIn+1, densité imaginale maximale en début de saison sèche (génération n+1)

dLn+1, densité larvaire maximale (génération n+1)

Date, date à laquelle les densités ont été notées

xE, taux de réussite estimé du développement embryonnaire ($dLn+1 / dIn$)

xL, taux de réussite estimé du développement larvaire ($dLn+1 / dLn+1$)

R, taux de réussite de la reproduction ($dLn+1 / dIn$)

(*) Il a été tenu compte des densités d'imagos autochtones et non de densités parfois plus élevées pouvant apparaître plus tardivement, en avril en particulier, suite à des mouvements de migration. Ainsi, la densité imaginale maximale observée en début 2006 a été de 2270 le 14 avril, et en 2007 de 2020 le 16 avril.

2. Enquêtes en milieu paysan dans l'extrême sud

L'objectif de cette étude était de conduire des enquêtes de terrain auprès des paysans dans l'extrême sud de Madagascar pour préciser divers aspects de la biologie, de l'écologie et de l'importance économique du criquet nomade, de mieux définir les lieux de reproduction, les sites de refuge en saison sèche, les habitats préférés, l'importance des dégâts....

Les premières enquêtes réalisées entre 2001 et 2004 avaient donnés d'excellents résultats et montré tout l'intérêt de cette démarche pour faire progresser les connaissances sur le criquet nomade (Raveloson, 2001 ; Franc et al., 2005 ; Lecoq et al., 2006 ; Brau, 2005). Les agriculteurs sont en effet à la fois les victimes des dégâts causés par le criquet nomade, mais également - très fréquemment - d'excellents observateurs, connaissant l'insecte, ses milieux de vie, ses périodes de présence dans l'année, les plantes qui sont les plus attaquées... tout renseignement dont la collecte systématique peut apporter beaucoup à la connaissance de ce criquet, de son écologie, de son potentiel de dégâts et de son impact sur l'agriculture.

Les travaux réalisés dans le cadre du présent projet étaient destinés à compléter les enquêtes qui n'avaient été réalisées que dans une partie du sud-ouest. L'extrême sud, en particulier, n'avait pas à ce jour fait l'objet d'investigations.

Ces travaux ont donné lieu à un mémoire de DEA de Arsène Indriambelo, étudiant à l'université de Tuléar, qui a réalisé le travail de terrain. On trouvera dans ce document plus de détails sur les résultats de ces enquêtes¹. Nous présentons ici les faits essentiels.

2.1. Le protocole général des enquêtes

2.1.1. La zone d'étude

La zone étudiée est localisée dans l'extrême sud de la province de Tuléar, à cheval sur trois grandes régions: l'Androy, une partie de l'Anosy et une partie du Sud ouest. Elle s'étend vers l'est jusqu'à Amboasary Sud, vers le nord jusqu'à Bekily, vers le sud jusqu'à Faux Cap et à l'ouest jusqu'à Itampolo et le Canal du Mozambique.

On peut y distinguer les régions suivantes : le pays Karimbola dans la partie sud, la plaine de l'Androy dans la partie centrale, le cirque Manambien à l'est, région entourée par une barrière orographique en demi-cercle délimitant le bassin versant du Mandrare, le plateau côtier Mahafaly à l'ouest.

2.1.2. La conception générale des enquêtes

Les enquêtes ont été conduites pour préciser la chorologie du Criquet nomade ainsi que les grandes lignes de son cycle biologique (présence ou absence de larves et d'ailés, d'accouplements, de pontes aux différents mois de l'année), les milieux fréquentés, l'importance des dégâts, les méthodes de lutte.... dans les différentes zones écologiques de l'extrême sud de Madagascar.

L'itinéraire d'enquête a été élaboré afin de couvrir les régions connues traditionnellement pour être fréquentées par le Criquet nomade et de disposer de toute la diversité des conditions écologiques, depuis les plaines et plateaux côtiers, jusqu'aux limites des hautes terres centrales supposées servir d'abri en saison sèche aux populations imaginaires en diapause. Localement, les points d'enquête ont été choisis à partir des indications fournies par les prospecteurs expérimentés du service antiacridien. La fiche d'enquête avait été testée lors de précédentes études.

Les informations ont été collectées directement auprès de cultivateurs ou, plus généralement, auprès de l'autorité du village (Président du Fokotany, maire, adjoints, conseiller, ancien du village ou « ray amandreny ») en compagnie de nombreux paysans (figure 29). La réponse notée résulte alors d'un consensus des participants. Une attention particulière a été portée à la qualité de l'identification de l'espèce (présentation de photos ou d'échantillons de criquets) afin d'éviter une confusion avec le

¹ Indriambelo A., 2007. *Enquêtes sur l'écologie du criquet nomade dans l'extrême sud de Madagascar*. Mémoire de Diplôme d'étude approfondie. Option Biodiversité et Environnement. Département des sciences biologiques. Faculté des sciences. Université de Tuléar, Madagascar. 92 pp.

criquet migrateur. Les noms vernaculaires des deux espèces ont été collectés (comme un indice de la bonne connaissance locale des espèces) et l'on a également vérifié que la distinction entre les larves et les ailés était correcte. Les questions ont été formulées de manière à s'assurer de la bonne compréhension des participants.

2.1.3. La fiche d'enquête

La fiche d'enquête utilisée (figure 30) s'articule en six grands thèmes, en distinguant à chaque fois les larves et les ailés :

1. Noms vernaculaires (comment appelez vous cet insecte ?) : nom local du criquet nomade.
2. Biotopes (où vit-il ?) : milieux naturels et agricoles fréquentés par le Criquet nomade (types de végétation, de sol, d'humidité des milieux fréquentés)
3. Cycle (quand le trouve t-on ?) : mois de présence dans l'année des imagos, des larves, des accouplements et des pontes.
4. Pullulations et dégâts (fait-il des dégâts ? sur quoi ?) : dégâts occasionnés, sur quelles cultures et à quelles périodes, par quels stades de développement du criquet, historique des dégâts.
5. Lutte (comment le combattez-vous ?) : méthodes de lutte mises en oeuvre et efficacité, période de mise en oeuvre, ennemis naturels du Criquet nomade et impact.
6. Traditions : recueil des traditions orales ou culinaires associées au Criquet nomade.

Préalablement au questionnaire, afin de s'assurer que l'enquêteur et l'enquêté parlent bien de la même espèce, des photos de Criquet nomade et des espèces avec lesquelles existe un risque de confusion (*Locusta migratoria* L. et *Cyrtacanthacris tatarica* L.) sont présentées. L'interlocuteur est prié de donner les noms vernaculaires de ces espèces, illustrées à l'état larvaire et imaginal, en phases solitaires et grégaires. Le questionnaire, déjà bien ajusté lors des études précédentes (Raveloson, 2001; Leblanc, 2004; Brau, 2005) s'est montré très rapidement opérationnel. Après quelques enquêtes, seules quelques adaptations ont été effectuées, en particulier pour que la typologie des habitats corresponde d'avantage avec celle utilisée par les paysans.

2.1.4. Le choix des villages enquêtés

On a cherché à avoir un échantillonnage aussi aléatoire que possible et homogène au sein de la zone géographique à étudier. La priorité a été donnée à la couverture géographique de cette zone plutôt qu'au nombre de questionnaires remplis. Sur le terrain, le choix a été principalement guidé par l'accessibilité aux villages. L'expérience des agents locaux du Centre national antiacridien (chefs de zone et chefs de postes antiacridiens) a été un atout précieux.

La présence de conditions environnementales *a priori* favorables ou défavorables au criquet nomade n'est pas intervenue dans le choix des villages. L'échantillonnage a ainsi pu amener l'enquêteur dans des villages où des problèmes liés au criquet nomade étaient déjà connus du CNA, mais aussi dans des villages où aucune signalisation n'avait été enregistrée. Sauf exception, un seul entretien a été réalisé dans chaque village.

2.1.5. Le choix des interlocuteurs

A l'arrivée dans le village, l'enquêteur se présente au maire, au chef de village ou au président du Fokotana. C'est souvent cette autorité qui désigne les interlocuteurs qui devront répondre au questionnaire. Il est difficile d'obtenir des habitants une indication à caractère statistique, sur la situation acridienne locale. Ils accordent plus d'attention aux aléas de la dernière campagne ou aux événements exceptionnels (passage d'essaims) qu'au niveau moyen des attaques qu'ils ont subi sur une longue période. De plus, les paysans sont en grande majorité illettrés et se repèrent dans le temps en fonction des événements politiques, de l'âge de leurs enfants et des saisons de cultures. C'est pourquoi on a, à chaque fois, essayé d'interroger au moins une personne susceptible d'avoir une vue d'ensemble de la situation. Il peut s'agir du chef de village, de l'instituteur ou d'une autorité religieuse, lesquels sont aussi très souvent des cultivateurs. Il est également important d'avoir un ancien (« raimandrihina ») dans le groupe d'interlocuteurs, afin de bénéficier d'une vision « historique ». Enfin, il est bien sûr obligatoire que le groupe comprenne des cultivateurs, en essayant d'avoir une grande gamme de cultures représentées. Les groupes d'interlocuteurs ont ainsi été généralement composé de 5 à 7 personnes, autour desquelles se regroupent presque toujours, quand

l'entretien à lieu en extérieur, de nombreux observateurs (principalement des femmes et enfants). On fait appel à ces dernier pour aider les interviewés à se décider en cas d'hésitation ou pour les questions sur les proverbes et traditions liés au Criquet nomade.

On trouvera plus de détails sur le déroulement des entretiens, dans le mémoire de DEA de Arsène Indriambelo. Le programme d'enquêtes a été réalisé avec des moyens de transport en commun, taxi-brousse, vélo, moto et parfois des charrettes.



Figure 29. Discussion avec un agriculteur au cours des enquêtes dans d'Androy.

(à gauche : Arsène Andriambelo, étudiant ayant conduit les travaux sur le terrain).

Figure 30. La fiche d'enquête.
(voir pages suivantes)

FICHE D'ENQUETE SUR LE CRIQUET NOMADE – FICHE N°.....

Localisation et identification de l'interlocuteur

Enquêteur : _____ Fivondrona : _____ Latitude : S _____

Date : _____ Commune : _____ Longitude : E _____

Localité: _____

Interlocuteur principal : _____ Profession : _____

Interlocuteur(s) secondaire(s) : _____ Profession : _____

Reconnaissance du Criquet nomade : Présenter photos du Criquet nomade et du Criquet migrateur (imago et larves).

Reconnaissance de : ☐ larve *Nomadacris* ☐ imago *Nomadacris*
☐ larve *Locusta* ☐ imago *Locusta* solitaire ☐ imago *Locusta* grégaire

Nom local *Nomadacris* : _____

Nom local *Locusta* : _____

Les imagos de *Nomadacris* ressemblent-ils toujours à celui présenté en photographie ? _____

Où vit-il ?

Larves

Cultures : _____

Friches arbustives : _____ Friches non arbustives : _____ Abbatis-brûlis : _____

Végétation naturelle : _____

Zones : sèches ☐ , humides ☐ , inondées ☐ , sans distinction des zones ☐

Sols : lourd ☐ , sableux ☐ , caillouteux ☐ , sans distinction des sols ☐

Imagos

Cultures : _____

Friches arbustives : _____ Friches non arbustives : _____ Abbatis-brûlis : _____

Végétation naturelle : _____

Zones : sèches ☐ , humides ☐ , inondées ☐ , brûlée (abbatis-brûlis) ☐ , sans distinction des zones ☐

Sols : lourd ☐ , sableux ☐ , caillouteux ☐ , sans distinction des sols ☐

Liste des cultures pratiquées : _____

Liste des cultures non touchées : _____

Quand trouve t-on le Criquet nomade ?

Stade (- X)	oct	nov	déc	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept
Larves												
Ailés												
Accouplement / ponte												
Semis/récolte cultures	oct	nov	déc	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept
1												
2												
3												
4												

Mise en relation avec des évènements météorologiques (principalement arrivée des pluies) :

Lieux d'éclosion des larves :

Quelle est son abondance ? actuelle et passée

- Depuis quand le voit-on ? (dispersé ou en groupe) :
- Voit-on :

- ☐ des imagos isolés ?
- ☐ des imagos en vol clair ?
- ☐ des imagos en essaim dense ?
- ☐ des larves +/- isolées ?
- ☐ des tâches larvaires ?
- ☐ des bandes larvaires ?

Tous les ans	Presque tous les ans	Certaines années en particulier	Période de l'année

Si observation d'essaims :

- essaim de Locusta ? _____
- essaim de Nomadacris pur ? _____
- essaim de Nomadacris en mélange ? _____

Les dégâts

- Importance des dégâts (+ / ++ / +++ / +++) depuis quelques années:

	2006	2005	2004	2003	2002	2001	2000
Importance des dégâts							

- Avant 2000 ? _____
- En particulier, sur quelles plantes ? (nom / stade / importance)

		Larves	Imagos	% dégâts
Cultures				
Arboriculture				
Pâturages				

Principal responsable des dégâts : Larves Ailés Les deux

La lutte

- Est-il combattu ? oui - non Si oui, Par quels moyens, avec quelle efficacité et à quelle époque (imagos) ?

	Sur Larves		Sur Imagos		
	Avec quoi ?	O / N	Avec quoi ?	O / N	Quand ?
Dissuasion					
Moyens mécaniques					
Moyens thermiques					
Moyens chimiques (mat.active, forme P/L, concentration)					
Moyens cultureux					
Autres					

- A-t-il des ennemis naturels ? Lesquels ? Quels stades, efficacité ? _____
- Est-il consommé ? Comment ? A quelle période ? (hommes, animaux...) _____

Anecdotes / légendes / traditions / proverbes concernant ce criquet ?

Tableau 12. Codification des noms de variables.

On trouvera dans le tableau ci-dessous les noms de variables adoptés pour les analyses. Ces noms sont précédés de L pour les larves, A pour les ailés et C pour les accouplements et pontes. De la même manière, le code des mois de présence est précédé de L, A ou C. Les variables concernant les dégâts commencent par DL ou AL selon qu'il s'agit de dégâts par des larves ou des ailés, suivi du code de l'espèce végétale concernée.

Végétation (voir Tableau 4 pour les noms scientifiques des différentes espèces végétales)

alo aloes
a, arachide
all, allaudia
ban, bananier
cac, cactus
c1, canne à sucre
citr, citronnelle
c2, coton
daro, daro
eup, euphorbia
fam
fan, fantsilotse
for, forêt
fhr, friches herbeuses
far, friches arborées
goy, goyavier
gra, pâturage graminéen
hc, haricot
kat, katrafay
kin, kininy
lam, lamoty
lom, lombiro
leg, légumineuses
m1, maïs
man, manguier
m2, manioc
nim, neem
or, oranger
ph, phragmites
pc, pois du cap
pou, poupartia
r, riz

roy, roy
sak, sakoa
si, sisal
srg, sorgho = ampemba
tab, tabac
tam, tamarinier
tar, tarot
vn, voanemba (vigna)
vdz, voandzea
zyz, zyzyphus

Zones

hm, zones humides
in, zones inondées
s, zones sèches
tz, toutes zones

Sols:

Ald, sol lourd
Asb, sol sableux
Acai, sol caillouteux
Ats, tous sols sans distinction

Mois de présence

ja, janvier
fe, février
mr, mars
av, avril
ma, mai
ju, juin
jl, juillet
ao, août
sp, septembre
oc, octobre
no, novembre
de, décembre

2.2. Résultats et discussion

2.2.1. Itinéraires prospectés et villages enquêtés

Au total, en trois missions de terrain successives, trente et une communes et cent deux villages ont été visités au cours de ces enquêtes (Figure 31) ; 471 personnes ont été interrogées et 105 enquêtes ont été réalisées. Les personnes interrogées sont, en général, des cultivateurs (49) ou des chefs de fokotany (26), mais aussi des maires (11), des adjoints (3) et premier adjoint au maire (1), des secrétaires communaux (4), des instituteurs (2) un chef d'agriculture, un chauffeur, etc. Les résultats des différentes enquêtes conduites dans un même village ont été synthétisés en une seule fiche. Le bloc de données ainsi rassemblé représente 105 points d'enquête, chacun étant décrit par 55 variables, chacune pouvant revêtir plusieurs modalités (au total 228 modalités, dont 28 n'ont jamais été observées). La plupart des variables sont qualitatives (voir fiche d'enquête). Pour l'analyse, les villages ont été rassemblés selon les quatre grandes régions distinguées au sein de la zone d'étude : Manambien, Androy, Karimbola et Mahafaly.

2.2.2. Noms locaux du criquet nomade

Dans l'ensemble de la région toutes les personnes contactées connaissent très bien le criquet nomade, généralement sous le nom de "Valala mena elatra", littéralement le « criquet aux ailes rouges ». Selon la zone géographique, l'appellation change. Même si "Valala mena elatra" ou « Mena elatra » semblent connus partout, des appellations locales assez nombreuses existent.

Dans le cirque Manambien, Valala mena et Mena elatra sont les seules appellations relevées. Dans la région Mahafaly, on rencontre Valala mena et Mena elatra, mais on trouve aussi Valala mena elatra, Valala gado, Tara mena elatra, Valala vy, Kalitse et sa variante Kaline. On trouve aussi simplement Valala indiquant sans doute que, dans ce cas, la distinction avec les autres criquets n'est peut-être par sûre. Dans l'Androy on rencontre Mena elatra en règle générale, mais aussi – quoique rarement - Valala mena, Kalitse, Kaline, Valala kaline, Kemendry et Tsipanga. Enfin, sur le plateau Karimbola, Tara mena elatra est l'appellation la plus commune, mais on trouve aussi Mena elatra, Valala kaly, Kaline, Kalitse, Valala mena, Valala mena elatra, Mena tela.

Par ailleurs, les paysans connaissent aussi le criquet migrateur qui est le principal criquet ravageur de Madagascar, et la distinction avec le criquet nomade est en général bien faite. Là aussi, le nom vulgaire varie suivant la localisation. « Valala vao » est l'appellation commune et bien connue. Mais le criquet migrateur porte également les appellations suivantes : Valala tomtany, Andro, Valala satra, Bekapaky, Ampandra, Valala vahiny, Kembory, Kapanga, Valala vata, Kehara, Kapandra, Valalandrazana, Valala be.

Concernant le criquet nomade, on remarquera que dans la partie nord-est de la région - cirque Manambien et Androy où les familles sont concentrées dans des villages importants - les appellations sont rares (une ou deux maximum). Au contraire, dans la partie sud-ouest - pays Mahafaly et Karimbola - on rencontre de nombreuses appellations différentes, sans doute dû à une dispersion des familles dans de nombreux petits villages, chacun pouvant posséder sa propre appellation pour le criquet nomade.



Figure 31. Localisation géographique des points d'enquête. Noms des villages et limites des quatre régions distinguées au sein de la zone d'étude : Manambien (M), Androy (A), Karimbola (K) et Mahafaly (F).

NB. Les noms mentionnés sont ceux collectés au niveau de chaque point d'enquête et n'ont pas de valeur toponymique certaine (plusieurs points d'enquête peuvent avoir un même nom ; certains noms sont simplement ceux de la commune ou de la ville la plus proche, parfois assez éloignée).

2.2.3. Distribution du criquet nomade dans l'extrême sud

La figure 32 représente la distribution géographique des ailés, des larves et des accouplements/pontes du criquet nomade dans l'extrême sud avec indication de la fréquence mensuelle de signalisation de chaque état pour chaque point d'enquête. La figure 33 donne, mois par mois, la distribution de ces différents stades. On constate que le criquet nomade est réparti sur l'ensemble de la zone. Cependant, les ailés sont présents presque toute l'année dans les régions nord-est (7 mois ou plus) alors que dans la région sud-est, ils ne sont présents que 6 mois ou moins (sauf exception). Les larves sont en général présentes moins de 4 mois par an. Dans la partie sud-ouest de la zone d'étude (Mahafaly et Karimbola) de nombreuses personnes ne signalent jamais de larves, alors qu'elles sont toujours signalées dans la partie nord-est (Androy et Manambien). Les accouplements/pontes sont assez rarement observés. L'absence de signalisation de pontes est largement observée sur l'ensemble de la zone. Il est possible que ce fait corresponde simplement à la difficulté plus grande d'observation (les pontes ayant lieu souvent la nuit) et non pas à une absence réelle de pontes. Lorsqu'elles sont signalées ces pontes ne le sont jamais plus de 3 mois par an. On notera que des larves sont également signalées dans la région de Saodono, dans une zone qui est réputée – au vu des résultats antérieurs – comme faisant partie de la zone limite de reproduction de saison des pluies. Les agriculteurs de la région semblent bien connaître ce criquet. Cependant, la faiblesse de la reproduction du criquet nomade dans cette zone est attestée par l'analyse de 20 années d'archives du Centre antiacridien. Ces analyses ont montré qu'une reproduction est possible dans cette région ; des larves sont effectivement repérées, mais le taux de reproduction est très faible, voire nul le plus souvent (Lecoq et al., 2006) Dans le cas présent, les signalisations de larves montrent bien qu'une reproduction locale est certes possible mais ne nous renseignent nullement sur l'importance de cette reproduction.

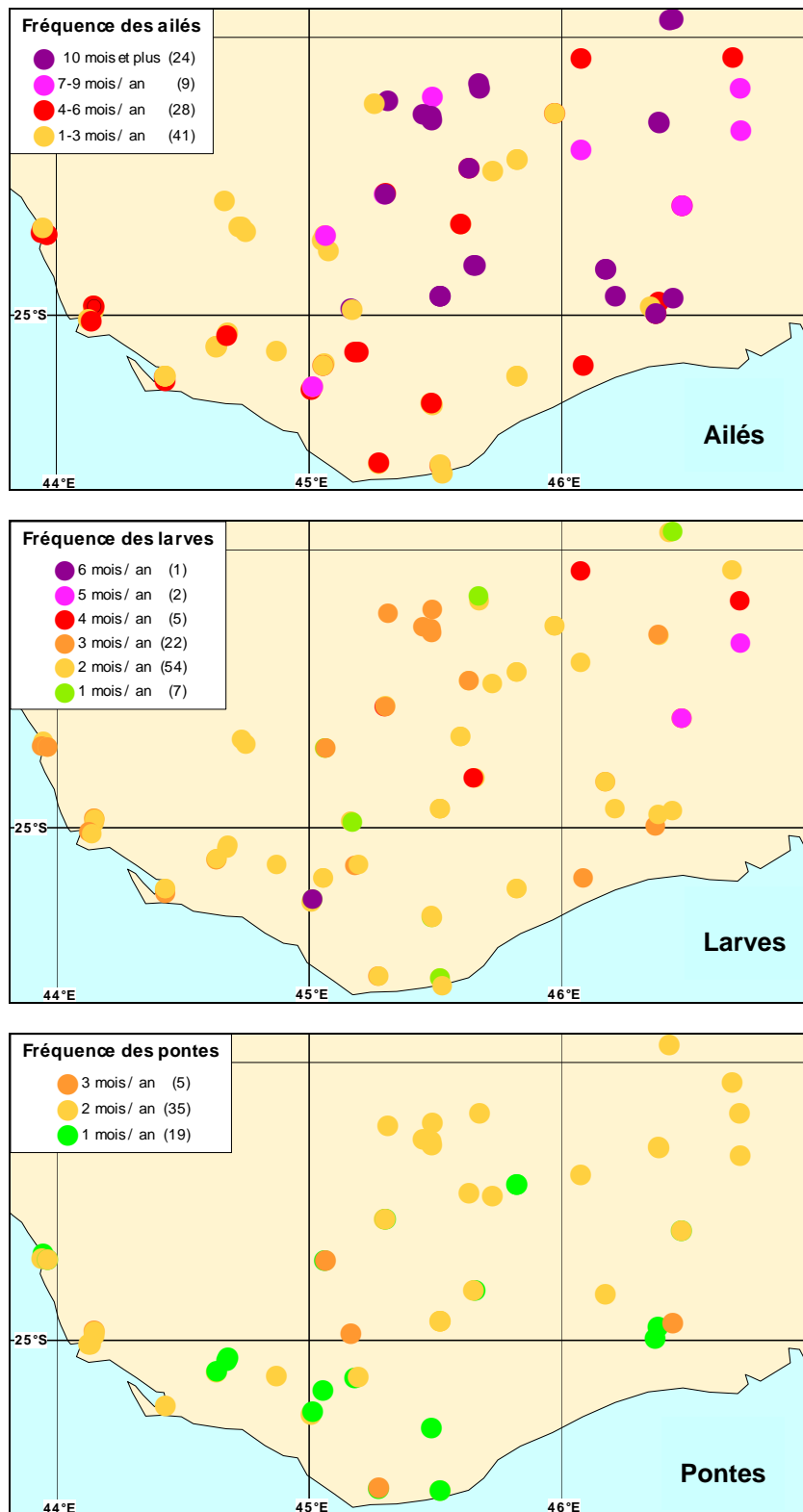


Figure 32. Distribution des ailés, des larves et des pontes du criquet nomade dans l'extrême sud et fréquence mensuelle de signalisation de chaque état.

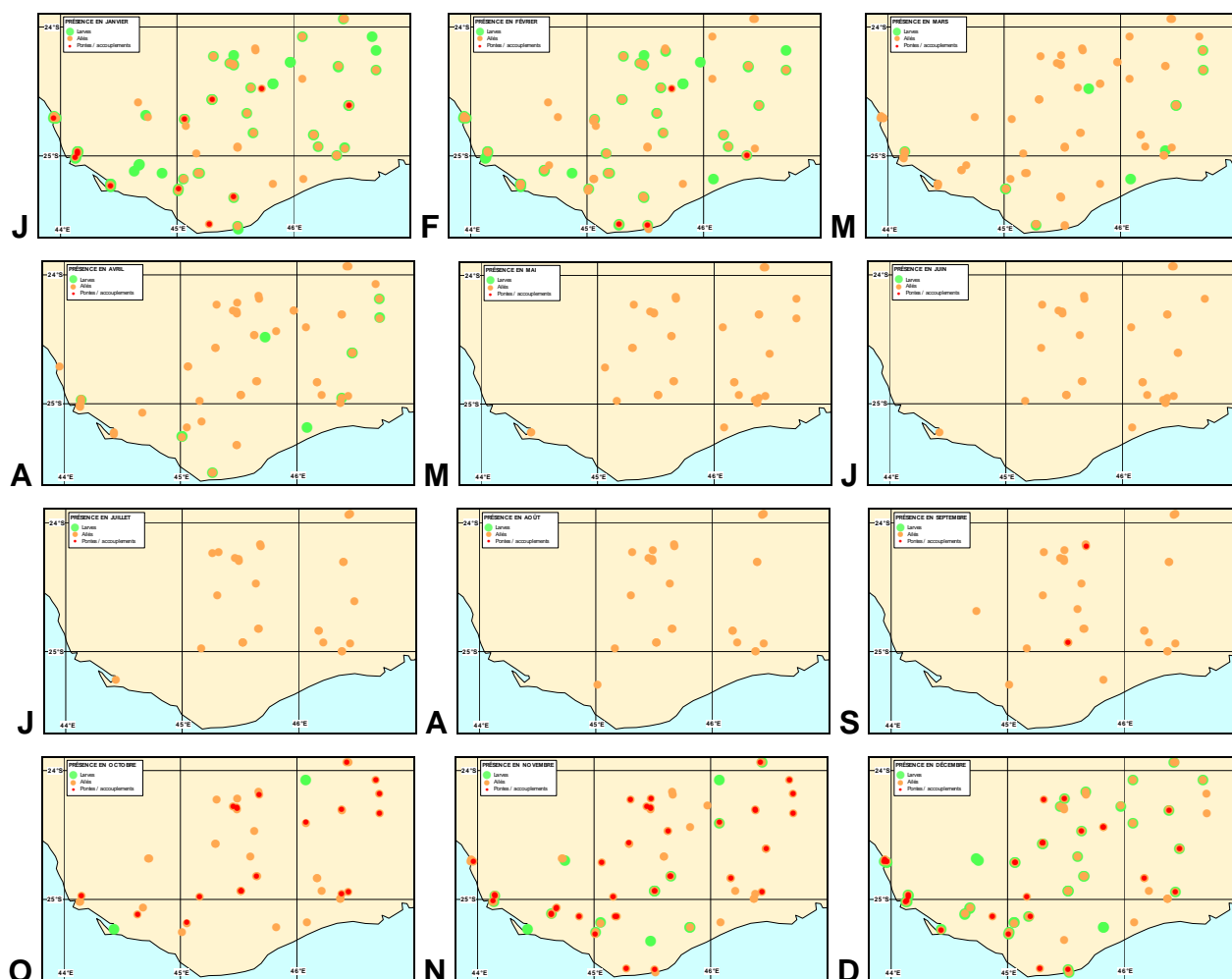


Figure 33. Carte des fréquences mensuelles de signalisation des pontes, des larves et des imagos (juillet à décembre).

Ronds verts : larves ; ronds jaunes : ailés ; ronds rouge : accouplements et pontes.

2.2.4. Cycle biologique du criquet nomade dans l'extrême-sud

Si l'on considère l'ensemble des fréquences mensuelles de signalisation des accouplements/pontes, des larves et des imagos, on obtient une image du cycle biologique moyen annuel du criquet nomade dans la zone étudiée (figure 34). On note une majorité d'accouplements/pontes entre octobre et décembre, et des larves de décembre à mars. Les imagos sont signalés toute l'année. On observe une faible fréquence de signalisation en saison sèche, de mai à septembre. Les signalisations d'ailés (ailés + ailés en accouplement/ponte) augmentent en octobre, novembre et décembre. Ce qui traduit sans doute la concentration des imagos au niveau des sites de reproduction. Les accouplements/pontes sont observés essentiellement d'octobre à décembre. A noter que dans un certain nombre de cas, à cette époque de l'année, des ailés ont été signalés sans que les personnes interrogées puissent mentionner la présence d'accouplements ou de pontes. Il est probable que la catégorie « ailés », pour ces mois de début de saison des pluies, corresponde à des populations en accouplement/ponte non perçues comme tel par les personnes interrogées.

Un mois environ après le début de l'augmentation de la courbe accouplement/ponte, on note une augmentation de la fréquence de signalisation de larves. Cette courbe d'occurrence de larves passe par un maximum de décembre à février, puis la fréquence des signalisations larvaires décroît rapidement en mars et avril. Parallèlement, la fréquence de signalisation des imagos augmente et passe par un maximum en mars. Cette période correspond à l'émigration des jeunes imagos issus du développement larvaire de saison des pluies. Les signalisations d'imagos diminuent en avril et mai. Cette baisse peut être interprétée comme reflétant l'émigration des jeunes imagos et leur dispersion vers les aires refuge de saison sèche où ils vont rester en diapause jusqu'à la saison des pluies suivante. La fréquence de signalisation des imagos reste stable pendant toute la saison sèche, de mai à septembre.

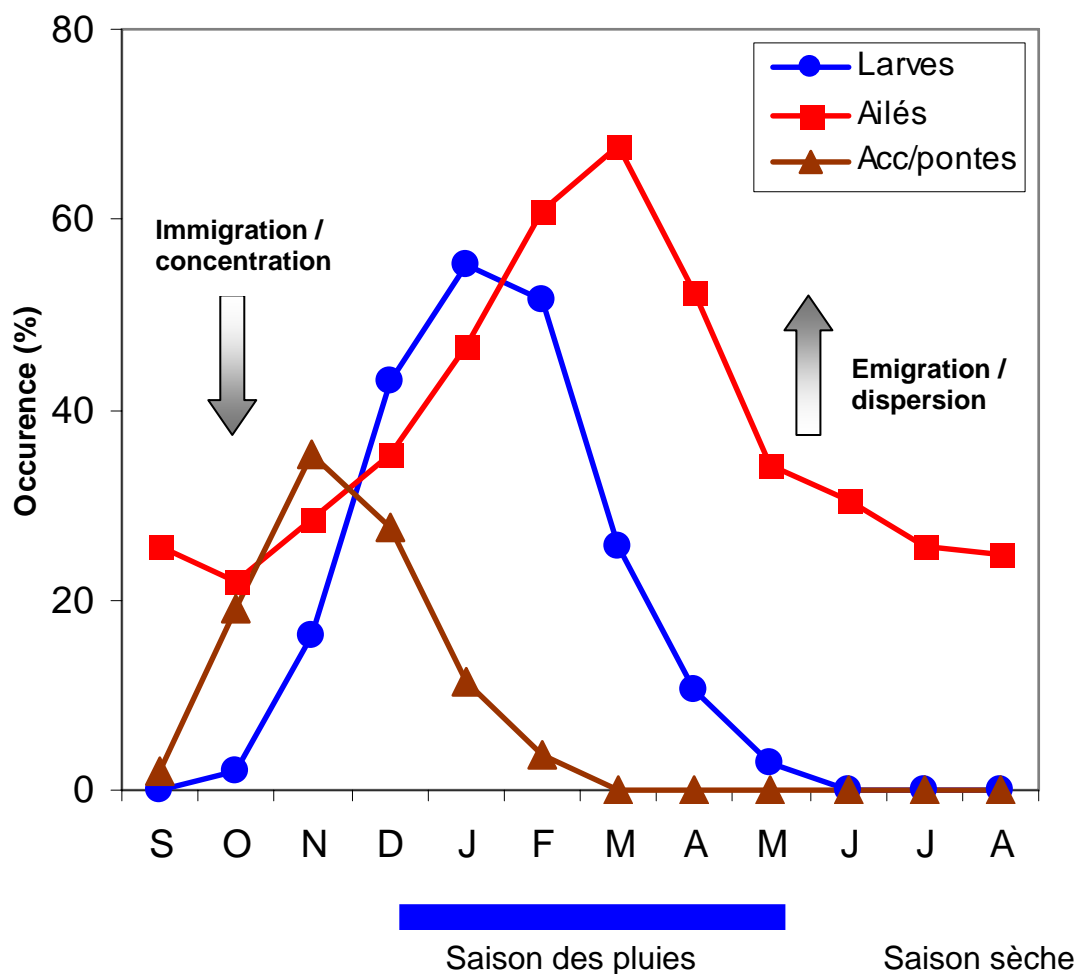


Figure 34. Pourcentages mensuels de signalisations de larves (ronds), d'ailés (carrés) et d'accouplements/pontes (triangles) de criquets nomades par les personnes enquêtées dans l'extrême sud de Madagascar.

NB. Les flèches soulignent les principales périodes de migration des imagos : début de saison des pluies, pour les imagos âgés ayant passé la saison sèche en diapause et se concentrant dans les zones de reproduction, fin de saison des pluies pour les jeunes imagos se dispersant en début de saison sèche dans les aires refuge de saison sèche. Pour la catégorie « ailés », elle concerne essentiellement les individus immatures (en diapause en saison sèche). Mais en début de saison des pluies, la maturation de la population de criquet nomade n'est pas perçue par toutes les personnes interrogées et cette catégorie « ailés » doit dans ce cas correspondre en majorité à des « accouplements/pontes ».

Si l'on considère maintenant ce cycle biologique dans chacune des 4 régions étudiées – Mahafaly, Androy, Karimbola et Manambien – on peut constater des différences importantes (figure 35). Dans le cirque Manambien et dans l'Androy, on observe une reproduction pendant la saison des pluies avec un pourcentage non négligeable d'accouplements/pontes et de larves (les fréquences de signalisation larvaires atteignent 70% dans le cirque Manambien et 64% dans l'Androy). Les imagos sont, quant à eux, signalés tout au long de l'année. Par contre, sur le plateau Karimbola et dans le pays Mahafaly, si l'on observe bien la reproduction pendant la saison des pluies, la fréquence de signalisation de larves ne dépasse pas 50%, et les imagos sont absents ou quasi absents de mai à septembre et ne sont véritablement signalés que pendant la saison des pluies. On observe une augmentation des fréquences de signalisation de criquet nomade à partir d'octobre; d'abord d'accouplement/ponte, ce que l'on peut relier à une immigration, en début de saison des pluies, d'imagos venant se reproduire dans ces zones. On observe ensuite l'apparition des larves en décembre/janvier/février, et finalement d'ailés en février/mars au moment de l'apparition des jeunes ailés ayant fait leur développement larvaire localement. La fréquence de signalisation baisse rapidement en avril et s'annule en mai, sous l'influence très certainement de l'émigration, les ailés devant fuir un milieu devenu trop sec. En mai/juin/juillet les fréquences de signalisation sont nulles sur le plateau Karimbola et très faibles dans le pays Mahafaly qui correspondent à la partie la plus aride de la zone d'étude (voir aussi les cartes d'occurrence mensuelle des pontes, larves et imagos dans la figure 33).

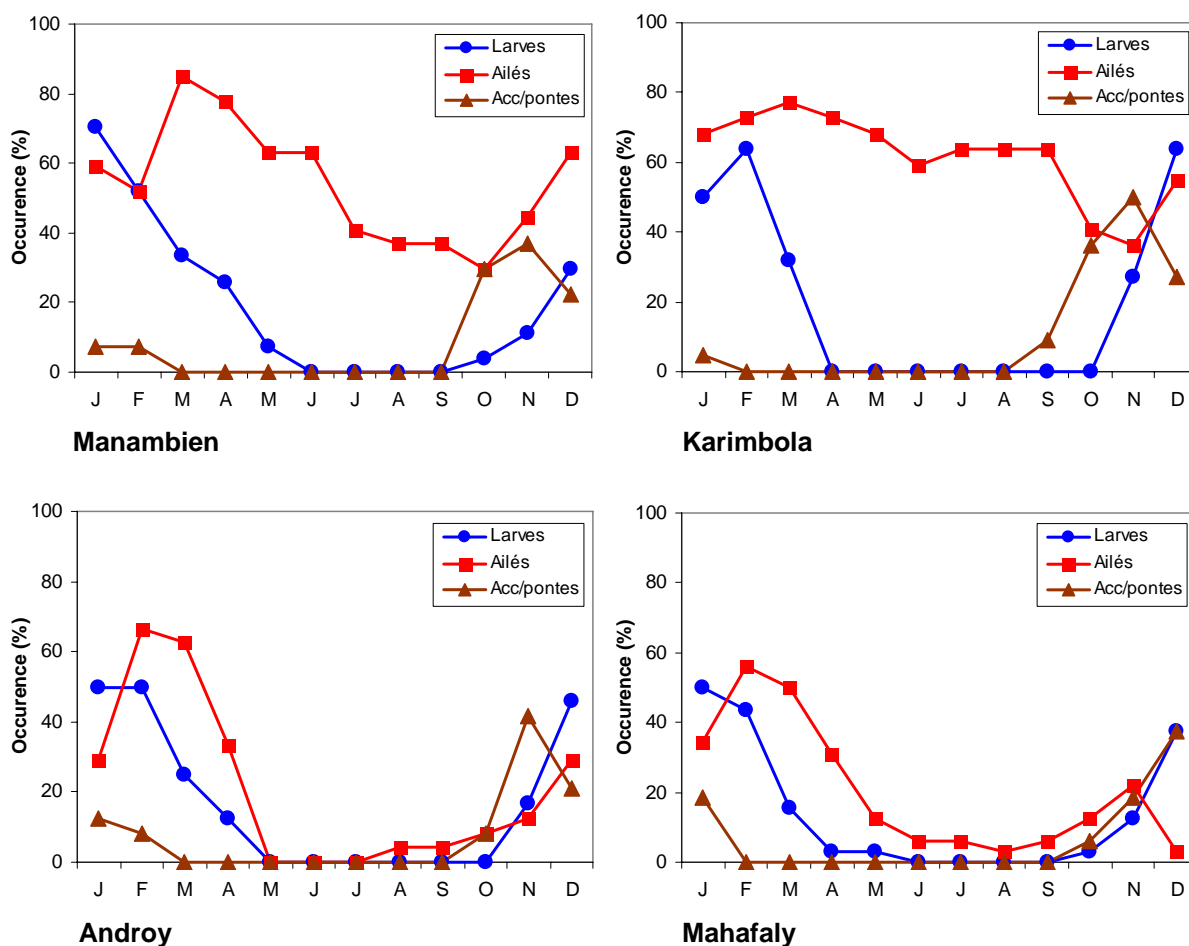


Figure 35. Pourcentages mensuels de signalisations de larves (ronds), d'adultes (carrés) et d'accouplements/ pontes (triangles) de criquets nomades par les personnes enquêtées dans l'extrême sud de Madagascar, selon la zone géographique : Manambien, Androy, Karimbola, Mahafaly.

La comparaison avec les résultats d'enquêtes antérieures (figure 36) conduites dans les régions immédiatement plus au nord (Raveloson, 2001 ; Lecoq et al., 2006) s'avère tout à fait intéressante. Ces enquêtes, associées aux résultats d'analyse des archives anciennes du centre antiacridien (1974-1997) conduites au cours du projet PCLA, avaient permis de délimiter 5 zones au sud de Madagascar en relation avec le cycle du criquet nomade et ses migrations.

Les résultats obtenus dans les pays Karimbola et Mahafaly sont tout à fait comparables à ceux obtenus dans l'aire principale de reproduction de saison des pluies définie par Lecoq et al. (2005) sur la base de données d'enquêtes. Dans cette aire, on note des arrivées de populations en début de saison des pluies, une reproduction locale puis une émigration presque totale en fin de saison des pluies, les populations de criquet nomade délaissant complètement la région en saison sèche. On remarque simplement que, dans le cas présent, les fréquences de signalisations sont moins élevées, conséquence sans doute de l'aridité plus importante par rapport aux régions ayant fait l'objet des enquêtes antérieures (50% de signalisations larvaires en saison des pluies dans les présentes enquêtes, contre 100% dans les zones les plus favorables des études antérieures).

Les résultats obtenus dans les régions de l'Androy et du cirque Manambien correspondent sensiblement, quant à eux, aux données de la zone intermédiaire de Lecoq et al. (2006). La similitude entre les cycles observés dans le cirque Manambien et l'Androy avec celui de la zone intermédiaire de Lecoq et al. (2006) est tout à fait frappante. On note simplement dans le cas présent une plus forte fréquence de signalisation d'ailés en début de saison des pluies (ailés vraisemblablement matures en accouplement/ponte, mais non signalés comme tels par les populations locales enquêtées).

Au final, les résultats obtenus confortent, en la précisant, la délimitation géographique de l'extrême sud en 5 grandes zones de Lecoq et al. (2006) réalisée sur la base, à la fois de données d'enquêtes et de données d'archive anciennes (avant 1997) du centre antiacridien. Les pays Mahafaly et Karimbola y étaient placés essentiellement dans la zone de reproduction secondaire (une partie dans la zone qualifiée de zone limite sud). C'est effectivement ce qui ressort de nos données où l'on note une reproduction de saison des pluies, mais une fréquence de signalisation assez faible (conséquence sans doute d'une aridité plus importante dans cette partie sud). L'Androy et le cirque Manambien étaient, quant à eux, placés respectivement dans la zone principale de reproduction et dans la zone de transition. Au vu de nos données, ces deux régions semblent mieux s'intégrer à la zone de transition avec une bonne reproduction de saison des pluies mais aussi des populations imaginaires en diapause persistant pendant la saison sèche.

Sur cette base, il est possible de modifier légèrement les limites des différentes zones, tout en accordant un poids plus important aux données d'archives (données quantifiées, précises, sur une vingtaine d'années) par rapport aux résultats d'enquête toujours plus aléatoires et dépendants de la perception des populations locales (figure 37).

Concernant les facteurs qui déclenchent les migrations, les premières indications montrent que les migrations de début de saison des pluies s'effectuent à mesure de l'avance du front intertropical vers le sud, sans doute sous l'effet d'une pluviométrie de plus en plus forte et de vent de secteur nord. Les migrations de fin de saison des pluies vers le nord et les zones refuge de saison sèche coïncident avec l'arrêt des pluies, l'inversion des vents qui passent au secteur sud, la baisse de l'humidité relative de l'air et le dessèchement de la végétation (Lecoq et al., 2006).

Ces déplacements saisonniers doivent permettre aux individus de se concentrer sur les zones les plus propices à la reproduction (Franc et al., 2004 ; Lecoq et al., 2006). L'existence d'une seule génération annuelle fait que ces déplacements ne peuvent avoir lieu qu'en début et en fin de la saison des pluies. De ce fait, la possibilité d'adaptation à l'irrégularité des conditions pluviométriques est sans doute moindre que ce que l'on observe chez le criquet migrateur qui présente un cycle à reproduction continue et 4-5 générations par an en phase solitaire. Par ailleurs, le seuil de grégarisation est plus élevé chez le criquet nomade (de l'ordre de 5000 imagos par hectare contre 2000 chez le criquet migrateur ; Franc et al., 2005). Tout ceci pourrait expliquer chez le criquet nomade des pullulations globalement moins fréquentes que chez le criquet migrateur.

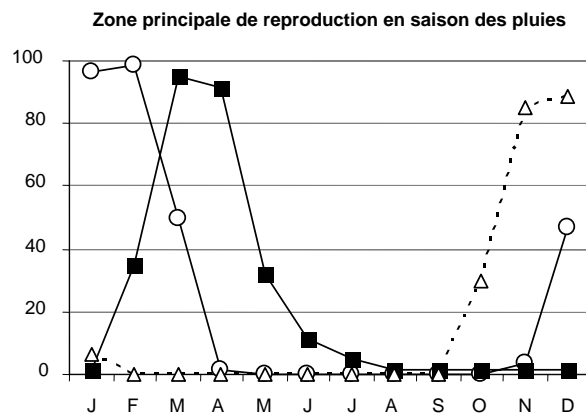
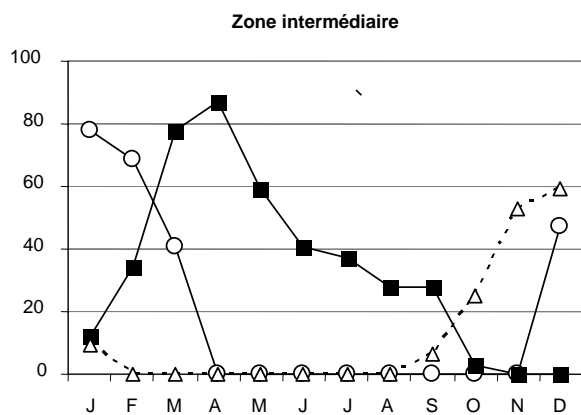
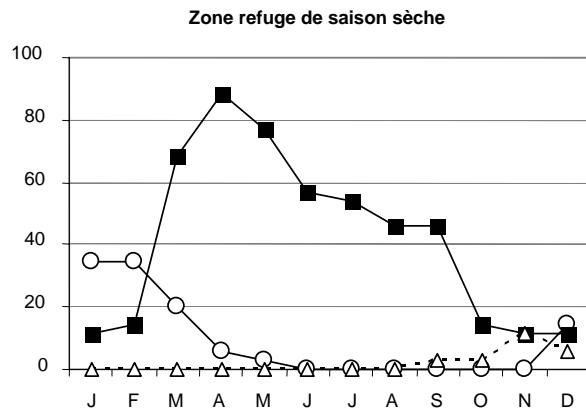


Figure 36. Pourcentages mensuels de signalisations de larves (ronds), d'adultes (carrés) et d'accouplements/pontes (triangles) de criquets nomades (d'après Lecoq et al., 2006).

Résultat d'enquêtes précédentes, conduites dans l'extrême sud de Madagascar, dans les régions immédiatement plus au nord que celles couvertes par le présent projet.

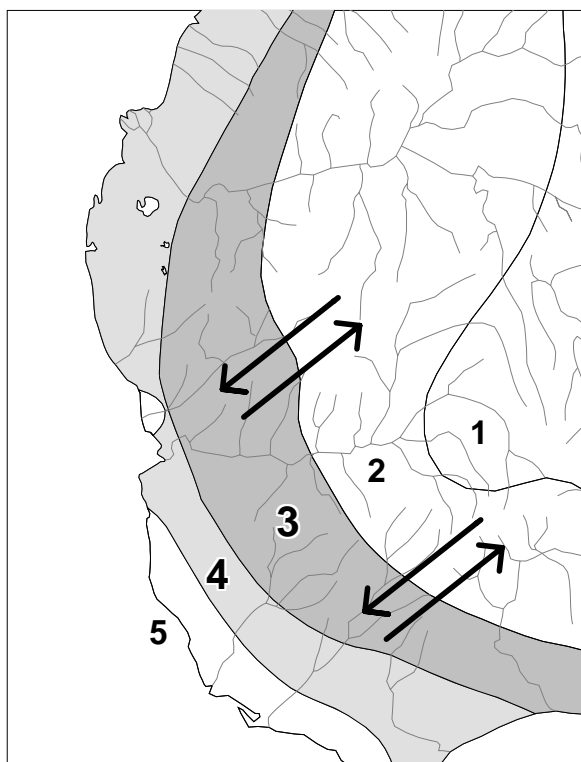


Figure 37. Nouvelle division du sud-ouest de Madagascar en fonction du cycle du criquet nomade, sur la base des données de Lecoq et al. (2006) modifiées en tenant compte des résultats des présentes enquêtes.

1, zone refuge de saison sèche ; 2, zone de transition ; 3, zone principale de reproduction ; 4, zone de reproduction secondaire ; 5, zone limite sud.

NB. Un poids plus important a été attribué aux données d'archives anciennes du CNA par rapport aux résultats d'enquêtes.

Cette cartographie sera précisée et modifiée dans le point suivant traitant de l'analyse des données d'archives récentes du CNA.

Remarques :

La zone de transition (2), comme son nom l'indique, sert à la fois de lieu de reproduction en saison des pluies (bien que le taux de reproduction y soit en moyenne inférieur à celui de la zone principale 3) et de lieu de refuge des populations imaginales diapauses en saison sèche. La zone 1 sert uniquement de lieu de refuge en saison sèche ; la reproduction y est nulle ou quasi inexistante.

A noter la présence d'une exception notable au sein de la zone principale de reproduction : la région des plateaux de Belomotra et de Vineta, dans la région de la basse vallée de l'Onilahy, non loin de Tuléar, où chaque année des populations de criquets nomades persistent au cours de la saison sèche, alors qu'à la même époque, dans les autres régions de l'aire de reproduction principale, les populations émigrent et se dispersent dans les zones refuges situées plus au nord-est. Cette exception a été nettement mise en évidence par les enquêtes antérieures conduites dans cette région. Une tentative d'explication est donnée plus loin.

2.2.5. Les habitats du criquet nomade

Pour préciser les habitats du criquet nomade dans l'extrême sud, on a calculé le pourcentage de signalisations du criquet nomade - larves et ailés - dans les différents types de cultures et de végétation naturelle, ainsi que pour les types de sol et les divers degrés d'humidité des milieux. Si « N » est le nombre total de villages enquêtés et « x » le nombre de villages où le Criquet nomade est signalé sur la culture « y », le pourcentage « Fy » de fréquentation de la culture « y » par le criquet nomade est alors : $Fy = 100.x / N$. Ces calculs ont été réalisés pour l'ensemble de la zone et séparément pour chacune des 4 régions. Ces résultats sont synthétisés dans les figures 38 à 40. Nous aborderons successivement les types de végétation fréquentés par le criquet nomade, la nature des sols et le type d'humidité du milieu.

2.2.5.1. Types de végétation (cultures et végétation naturelle)

Les larves comme les ailés sont très fréquemment signalés dans les cultures de maïs, de manioc, de patate, de canne à sucre et de niébé ainsi que dans les friches herbeuses et les pâturages graminéens (signalé dans plus de 50% des cas) (figure 38). Les friches arborées sont largement fréquentées mais uniquement par les ailés. Viennent ensuite l'arachide, le riz, les bananiers et les figuiers de barbarie (signalés dans 30 à 50% des cas). Puis arrive tout un ensemble de plantes sur lesquelles le criquet nomade est signalé de temps à autres (moins de 30% des cas). Au total le criquet

nomade est signalé sur une trentaine de plantes cultivées ou de formations végétales naturelles. Le tableau 13 donne la liste de ces diverses plantes et formations. On a mentionné à la fois le nom commun de chaque plante, la famille botanique à laquelle elle appartient et le nom scientifique. Certains noms vernaculaires correspondent, en fait, non pas à une plante unique mais à un ensemble de plantes du même genre (sisal, rakeita, kininy par exemple), voire à un groupe plus large (roy, par exemple, désignant l'ensemble des plantes épineuses ; ou fantsilotra regroupant un ensemble de Didieraceae. J.F. Duranton c.p.). La distribution des larves et celle des ailés est identique (coefficient de corrélation 0,97). Tout juste note t'on une moindre fréquentation des friches arborées et des champs de patate douce par les larves en comparaison aux ailés. Par ailleurs, les larves ne sont signalées que sur 22 espèces de plantes contre 45 pour les ailés. Des différences sont notées en fonction des régions, résultant bien évidemment de l'abondance des différentes cultures dans chaque zone. Globalement, la fréquentation des cultures de maïs, de manioc et de patate, ainsi que des friches herbeuses et des pâturages graminéens reste importante dans toutes les zones. Les cultures de canne à sucre sont par contre surtout signalées dans l'Androy et le cirque Manambien (pour les larves comme pour les ailés). Le niébé est signalé comme fréquenté partout à l'exception du cirque manambien. Riz et bananier sont signalés surtout de l'Androy et du cirque manambien. Inversement, les figuiers de Barbarie sont signalés comme étant fréquentés par le criquet nomade essentiellement dans les zones Mahafaly et Karimbola.

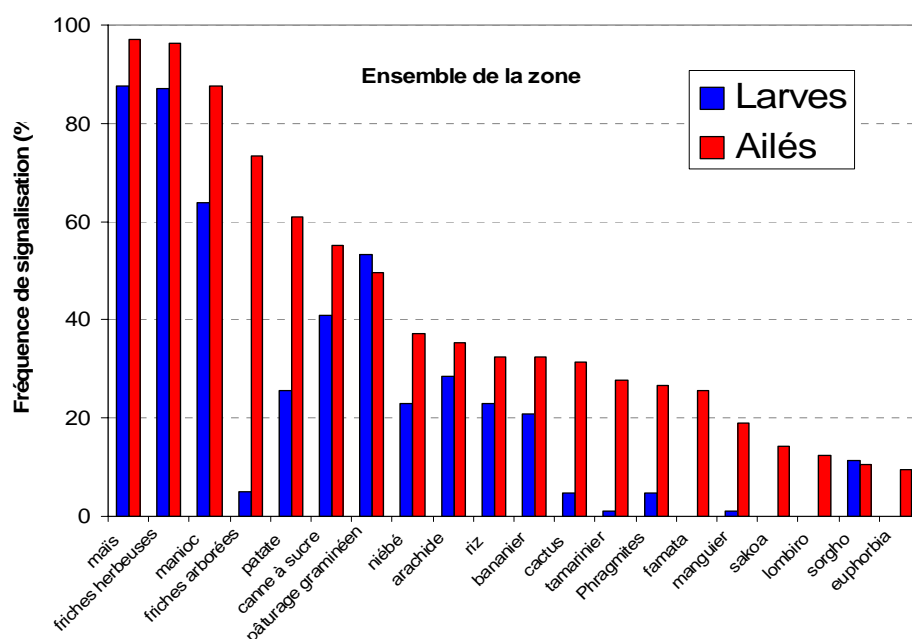


Figure 38. Fréquence de signalisation de présence des larves et des ailés de criquet nomade dans les cultures et la végétation naturelle.

Tableau 13. Liste des principales plantes - cultures, friches et types de végétation naturelle - sur lesquels le criquet nomade a été signalé au cours des enquêtes.

Nom commun	Famille	Genre	Espèce	Observation
Aloes	Alliaceae	<i>Aloe</i>	<i>spp.</i>	ne pas confondre avec Aloés : agaves
Antaka	Fabaceae	<i>Dolichos</i>	<i>lablab</i>	
Ampemba = sorgho	Poaceae	<i>Sorghum</i>	<i>bicolor</i>	
Antsiroko	Fabaceae	<i>Vigna</i>	<i>sinensis</i>	± synonyme de <i>V. unguiculata</i>
Arachide = pistache	Fabaceae	<i>Arachis</i>	<i>hypogaea</i>	
Bananier	Musaceae	<i>Musa</i>	<i>sp.</i>	
Cactus = rakeita = figuier de barbarie	Cactaceae	<i>Opuntia</i>	<i>spp.</i>	
Canne à sucre	Poaceae	<i>Saccharum</i>	<i>officinarum</i>	
Citronnelle	Poaceae	<i>Cymbopogon</i>	<i>citratum</i>	
Famata = Euphorbia	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia</i>	<i>spp.</i>	ensemble des <i>Euphorbia</i> ligneuses
Fantsilotra	Didieraceae	<i>Alluaudia</i>	<i>procera</i>	plus d'autres <i>Alluaudia</i> ou <i>Didierea</i>
Friches herbeuses				
Friches arborées				
Goyavier	Myrtaceae	<i>Psidium</i>	<i>guajava</i>	
Haricot = tsaramasy	Fabaceae	<i>Phaseolus</i>	<i>vulgaris</i>	
Katrafay	Meliaceae	<i>Cedrelopsis</i>	<i>grevei</i>	
Kininy	Myrtaceae	<i>Eucalyptus</i>	<i>spp.</i>	
Lamoty	Flacourtiaceae	<i>Flacourtia</i>	<i>ramontchi</i>	
Lombiro	Asclepiadaceae	<i>Cryptostegia</i>	<i>grandiflora</i>	ou <i>madagascariensis</i>
Maïs	Poaceae	<i>Zea</i>	<i>mais</i>	
Manguier	Anacardiaceae	<i>Mangifera</i>	<i>indica</i>	
Manioc	Euphorbiaceae	<i>Manihot</i>	<i>utilissima</i>	
Neem	Meliaceae	<i>Azedarachta</i>	<i>indica</i>	
Niébé	Fabaceae	<i>Vigna</i>	<i>unguiculata</i>	
Oranger	Rutaceae	<i>Citrus</i>	<i>sinensis</i>	
Patate	Convolvulaceae	<i>Ipomoea</i>	<i>batatas</i>	
Pâturages graminéens				
Phragmites	Poaceae	<i>Phragmites</i>	<i>mauritanus</i>	
Pois du cap = kabary	Fabaceae	<i>Phaseolus</i>	<i>lunatus</i>	
Poupartia	Anacardiaceae	<i>Poupartia</i>	<i>caffra</i>	
Riz	Poaceae	<i>Oryza</i>	<i>sativa</i>	
Roy				nom générique des plantes épineuses
Sakoa	Anacardiaceae	<i>Poupartia</i>	<i>caffra</i>	
Sisal	Agavaceae	<i>Agave</i>	<i>sisalana</i>	sans doute 4 espèces à Madagascar
Tabac	Solanaceae	<i>Nicotiana</i>	<i>tabacum</i>	
Tamarinier	Caesalpiniaceae	<i>Tamarindus</i>	<i>indica</i>	
Tarikarika	Asclepiadaceae	<i>Leptadenia</i>	<i>madagascariensis</i>	
Taro	Araceae	<i>Colocassia</i>	<i>esculenta</i>	
Voazavo	Cucurbitaceae	<i>Colocynthis</i>	<i>vulgaris</i>	pastèques
Zyzyphus	Rhamnaceae	<i>Zizyphus</i>	<i>spp.</i>	

NB. Noms vernaculaires et équivalences des noms latins par J.F. Duranton, c.p.

2.2.5.2. Nature du sol et humidité du milieu

La nature du sol a été appréciée selon 4 classes assez grossières. On a demandé aux personnes interrogées si le criquet nomade se trouvait sur les sols lourds, sableux, caillouteux ou indifféremment sur tous types de sols. Les résultats sont mentionnés dans la figure 39. On constate que les larves comme les ailés sont plutôt signalés sur sols sableux et sur tous types de sols. Dans le cirque Manambien et l'Androy, ils sont plutôt signalés sur tous types de sols. Au contraire, dans les pays Mahafaly et Karimbola la fréquence de signalisation est plus importante sur sols sableux (et un peu sur sols caillouteux). Les signalisations sur sols lourds ne sont relevées que dans l'Androy. Ce résultat est un peu paradoxal quand on sait que le criquet nomade est plutôt réputé pour préférer des sols plutôt lourds, en particulier en comparaison avec le criquet migrateur. Il faut sans doute voir là le résultat d'une question difficile à appréhender par les personnes interrogées. En fait, les résultats semblent plutôt le reflet de l'abondance des différents types de sols, globalement pour l'ensemble de la zone d'enquête ainsi qu'au niveau de chacune des 4 régions. Ainsi les sols sableux sont plus abondants en pays Mahafaly et Karimbola et le criquet nomade y est plus fréquemment signalé.

On a, par ailleurs, demandé aux personnes interrogées si le criquet nomade fréquentait plutôt les sols secs, les sols humides, les sols inondés, ou si on le trouvait indifféremment sur tous types de sols. Les résultats montrent que larves et ailés sont signalés essentiellement dans les milieux humides (75% pour les larves et 60% pour les ailés) en préférence aux milieux inondés ou trop secs. Les ailés semblent avoir des préférences moins strictes que les larves et sont fréquemment signalés dans tous types de milieux quel que soit l'humidité du sol (32% des cas) (figure 40). Ces préférences se retrouvent au niveau des quatre régions du sud malgache. On notera que les ailés sont plus fréquemment signalés dans tous les types de milieux dans le cirque Manambien et l'Androy, alors que c'est dans la partie la plus aride, au niveau du pays Karimbola, que l'on note le plus fort pourcentage de signalisations dans les milieux humides (96% pour les ailés et 92% pour les larves). Le criquet nomade n'est par contre presque jamais signalé sur milieux secs (0% pour les larves et 5% pour les ailés).

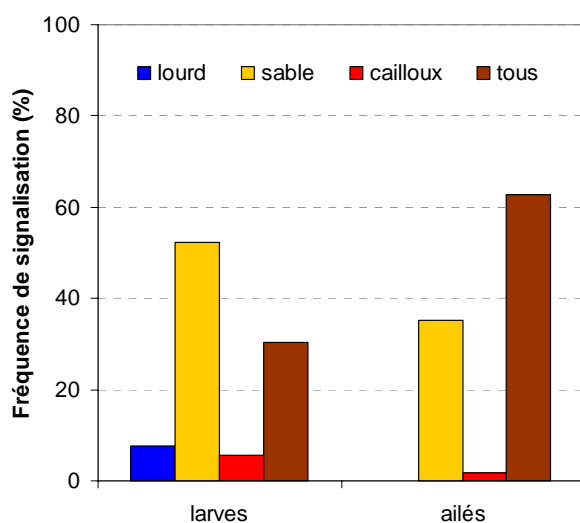


Figure 39. Fréquence de signalisations des ailés et des larves de criquet nomade en fonction des types de sols dans l'extrême sud.

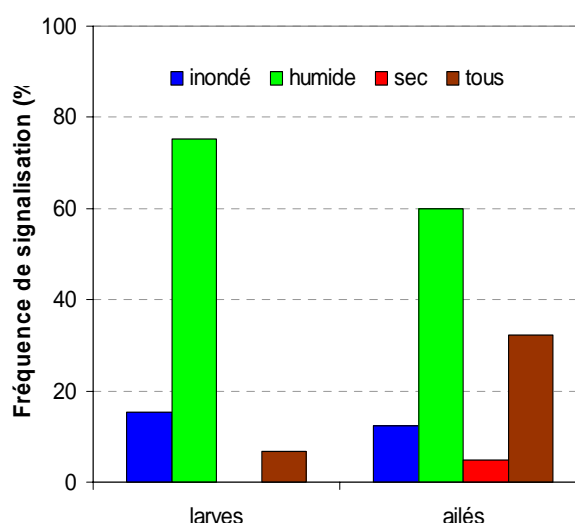


Figure 40. Fréquence de signalisations des ailés et des larves de criquet nomade en fonction de l'humidité du milieu dans l'extrême sud.

2.2.6. Les formations grégaires et les dégâts

Les formations grégaires du criquet nomade ne sont signalées, au plus, que par 20% des personnes interrogées. Les essaims d'ailés (25% en moyenne) et les bandes larvaires (20%) sont les deux formations grégaires les plus fréquemment rapportées. La fréquence de signalisations est sensiblement la même dans toute la zone. Les vols clairs et les taches larvaires sont peu signalés (moins de 5% des cas, en moyenne), sans doute car se sont des formations plus difficiles à caractériser et moins spectaculaires que les essaims et les bandes. Enfin, dans environ 10% des cas, on signale des formations grégaires mixtes constituées d'un mélange de criquets nomade et migrateur (Figure 38).

Dans 40% des cas aucun dégât dû au criquet nomade n'est signalé. Par ailleurs, dans 40% des cas également, seuls des dégâts faibles sont notés. Enfin, dans les 20% restant, on signale des dégâts moyens à forts. La situation est sensiblement la même quel que soit la zone (figure 39). Les dégâts sont – en moyenne – à peu près constants d'une année à l'autre, de 2000 à 2005 (figure 40). Seule l'année 2006 se caractérise par des dégâts presque deux fois moins importants que les années précédentes (40% contre 70%, sans doute du fait de la réalisation de l'enquête en cours d'année). Mais la distribution géographique de ces dégâts varie largement d'une année à l'autre. On peut raisonnablement supposer que les zones affectées dépendent des conditions écologiques de chaque année. La distribution des pluies, facteur clé de la réussite de la reproduction de ce criquet, est en particulier très irrégulière d'une année à l'autre.

Sur l'ensemble de la zone, les dégâts les plus importants dus au criquet nomade sont systématiquement signalés sur maïs (dans plus de 90% des cas), sur les pâturages graminéens, le manioc, la canne à sucre (Figure 41). Des dégâts non négligeables (entre 10 et 30% des cas) sont également signalés sur arachide, bananier, phragmites, riz, Euphorbiaceae ligneuses (famata), cactus (figuier de barbarie), patate douce, niébé, manguier. Des dégâts ont également été rapportés sur une vingtaine d'autres plantes cultivées dont sisal, haricot, goyavier, pois du cap, citrus, etc. Les dégâts dus aux larves portent sur un nombre de plantes plus limité que les dégâts dus aux ailés. Par ailleurs, il y a globalement peu de différences dans la nature des dégâts d'une zone à l'autre (Figures 41 et 42).

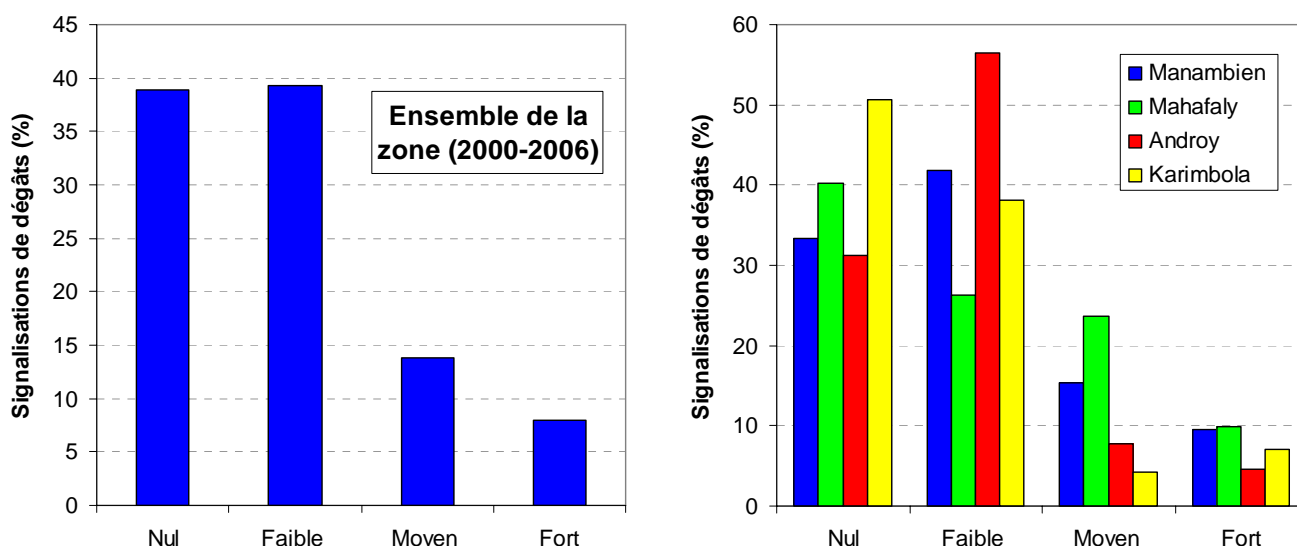


Figure 41. Signalisation des dégâts selon leur importance estimée par les personnes interrogées.
(ensemble de la zone à gauche ; par région à droite)

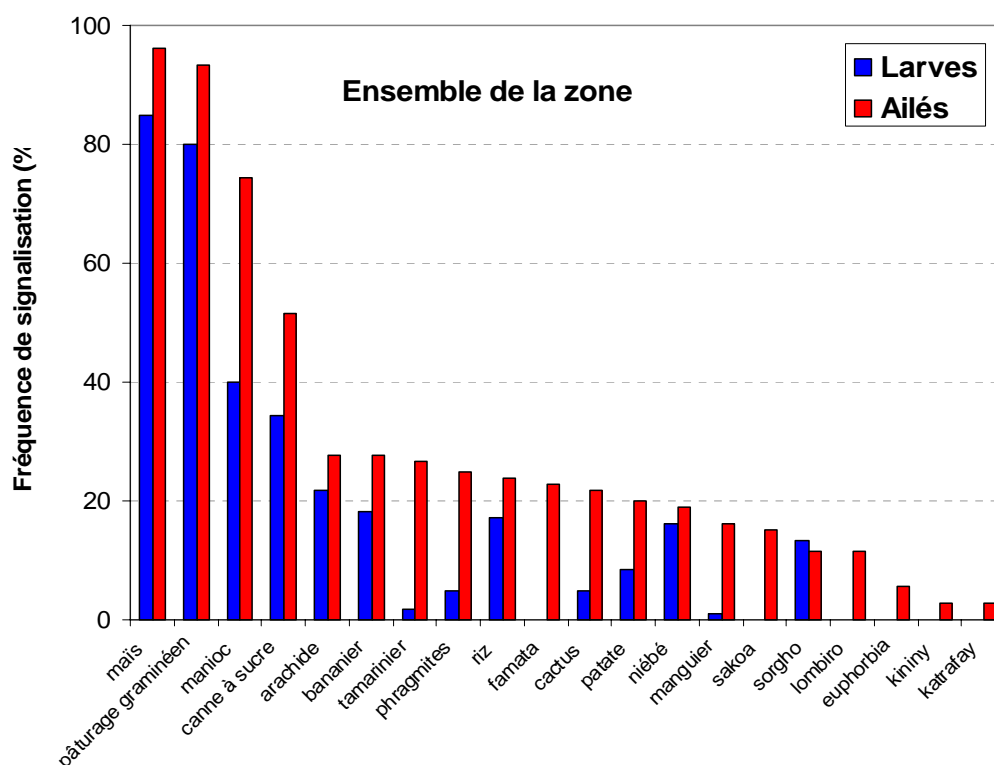


Figure 42. Fréquence de signalisation de dégâts des larves et des ailés de criquet nomade dans les cultures.

N.B. Seules les signalisations de dégâts les plus notables ont été conservées.

2.2.7. Les préférences alimentaires du Criquet nomade

Les données précédentes nous renseignent sur les types de végétation fréquentés par le criquet nomade, d'une part, sur les plantes sur lesquelles un maximum de dégâts est constaté, d'autre part. Or les deux classements obtenus - fréquentation versus dégâts - sont sensiblement différents. Cette différence doit refléter les préférences alimentaires du criquet. Une plante abondante et très fréquentée mais sur laquelle peu de dégâts sont constatés doit être une plante peu appréciée par l'insecte. Les figures 43 et 44 donnent un tel classement des différentes cultures en fonction de leur appétence pour les ailés et pour les larves. On constate que la patate douce, bien que largement signalée comme hébergeant des larves et des ailés de criquet nomade, n'est que très rarement attaquée et n'est donc pas ou très peu appréciée. C'est d'ailleurs ce qui ressortait déjà d'une enquête antérieure conduite dans le nord de Madagascar (Leblanc, 2003). Le niébé est également peu apprécié par les ailés, de même que cactus (figuier de barbarie) et euphorbes. Niébé et manioc sont peu appréciés par les larves. Inversement sorgho, sakoa, maïs, tamarinier, canne à sucre sont très appréciés par les ailés et tamarinier, sorgho, phragmites, manguier par les larves.

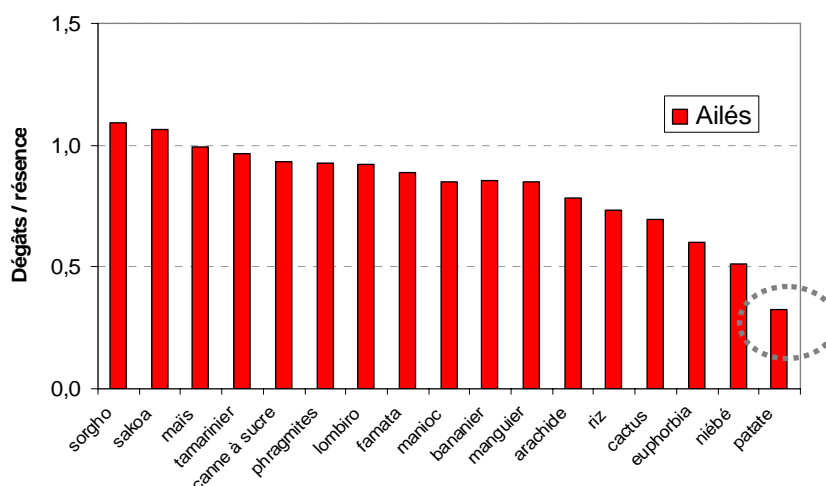


Figure 43. Préférences alimentaires des ailés du criquet nomade.

(nombre de signalisations de dégâts / nombre de signalisation de présence pour une plante donnée)

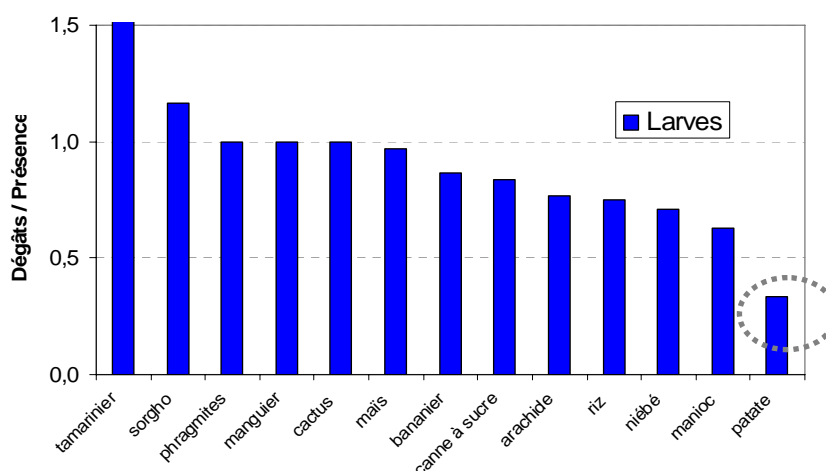


Figure 44. Préférences alimentaires des larves du criquet nomade.

(nombre de signalisations de dégâts / nombre de signalisation de présence pour une plante donnée)

2.2.8. Méthodes de lutte

Peu d'informations ont été récupérées sur cet aspect des méthodes de lutte contre le criquet nomade au cours des enquêtes. Les méthodes traditionnelles suivantes ont été signalées : au moyen de tranchées pièges, en tapant avec des branches pour écraser ou faire fuir les larves, en faisant du bruit pour faire fuir les ailés. Par ailleurs, on a rapporté que sarcler les champs pouvait contribuer à diminuer les dégâts. Enfin, la lutte au moyen d'insecticides chimiques (chlorpyrifos-éthyl en poudre [dursban], par exemple) a parfois été mentionnée.

La lutte contre les larves a été rapportée essentiellement en janvier, février et mars, ce qui n'apporte rien d'original, les larves n'étant principalement présentes que durant cette période de l'année. La lutte contre les imagos nous a été signalée soit comme étant conduite toute l'année, soit seulement à certaines périodes, principalement entre février et avril, donc sur les jeunes imagos autochones de la nouvelle génération apparaissant en fin de saison des pluies.

Enfin, aucune donnée n'a été obtenue sur les prédateurs du criquet nomade. On sait cependant par la littérature que le héron pique-bœuf (*Bubulcus ibis*) est un prédateur souvent observé à Madagascar, ainsi que le milan noir (*Milvus migrans*) et divers oiseaux sauvages ou domestiques (volaille). Têtefort

et Wintrebert (1963) considèrent les oiseaux comme les prédateurs les plus actifs. Les reptiles et batraciens seraient principalement ennemis des larves, selon ces deux auteurs. A signaler enfin que les criquets, migrateur comme criquet nomade, sont largement collectés par les populations locales pour s'en nourrir.

2.2.9. Typologie générale des points d'enquête et division du SW selon l'écologie du criquet nomade

Une synthèse des observations a été tentée afin de mettre en évidence les principales variables discriminantes du tableau de données et de réaliser sur cette base une typologie des points d'enquête.

L'ensemble du tableau de données, soit [105 points d'enquête décrits par 55 variables], a tout d'abord été transformé en un tableau disjonctif en [0,1] du type [individus x modalités de variables]. La matrice initiale, de taille [105 x 228], a été ramenée à [105 x 200] après élimination des modalités non observées. Par ailleurs, les modalités insuffisamment échantillonnées (observées dans moins de 5% des individus) ont été placées en éléments supplémentaires et n'ont donc pas été prises en compte dans l'analyse. Enfin, seules les variables décrivant le cycle biologique de l'acridien et ses principaux types d'habitats ont été prises en compte par soucis d'homogénéité et afin de ne pas mélanger des variables par trop différentes (dégâts, par exemple). Au final, le bloc de données analysé est de 104 lignes (1 point d'enquête mis en élément supplémentaire) x 75 colonnes (75 modalités de variables). Les méthodes utilisées sont l'analyse des correspondances multiples et la classification ascendante hiérarchique (logiciel XLSTAT, version 2007.1 d'Addinsoft).

La représentation individus et variables selon le plan factoriel 1-2 est donnée dans la figure 45. On observe l'opposition très forte, sur l'axe 1, des points d'enquête situés dans les pays Mahafaly et Karimbola, d'un côté et ceux des régions de l'Androy et du cirque Manambien de l'autre. La présence d'imagos en saison sèche est le caractère déterminant. Du côté positif de l'axe 1 on trouve les points d'enquête où l'on a signalé des imagos présents pendant toute la saison sèche - de juin à octobre - des pontes précoces, et des larves parfois signalées dès novembre. Du côté négatif de ce même axe, on rencontre les points d'enquête sans imagos signalés en saison sèche, et avec des signalisations de larves plus tardives entre janvier et avril. L'axe 2 oppose plutôt les régions les plus au sud, Androy et plateau Karimbola (où l'on trouve les larves dans les milieux plus humides sur sols lourds), aux régions plus au nord, pays Mahafaly et cirque Manambien, avec comme caractéristique principale la présence d'ailés sur des milieux d'humidité variée.

Une classification des points d'enquête selon leurs coordonnées dans le plan des 3 premiers axes factoriels permet de les rassembler en 4 grandes classes (figure 46) dont on trouve une représentation géographique dans la figure 47. La classe 1 regroupe la quasi-totalité des points d'enquête situés dans la partie Androy et cirque Manambien. La classe 2 correspond sensiblement à la partie plateau Mahafaly au sens large. La classe 3 regroupe quelques points situés à la partie Est de la zone Androy-Manambien caractérisés par une présence tardive de larves jusqu'au mois d'avril, ce qui semble assez logique puisque ces points se situent dans la partie la plus humide du sud-ouest (au voisinage des zones à 600-800 mm de pluie par an, contre moins de 400 mm dans la partie sud-ouest). Enfin, la classe 4 regroupe nettement l'ensemble des points du plateau Karimbola.

Globalement, on a donc bien deux grands ensembles :

- le premier pour la partie Mahafaly-Karimbola avec une reproduction en saison des pluies et aucun imago en saison sèche ;
- le second pour la partie Androy-Cirque Manambien où les imagos sont présents tout au long de l'année.

On notera que cette classification ne correspond pas sur le terrain à des frontières géographiques très précises. On observe un certain chevauchement des limites de chaque zone. La séparation Androy-Manambien / Mahafaly-Karimbola est la plus nette (avec peu de chevauchements). Les limites Mahafaly / Karimbola d'un côté, et Androy-Manambien / Est Manambien de l'autre sont quant-à elles plus floues avec un certains chevauchement des points d'enquête.

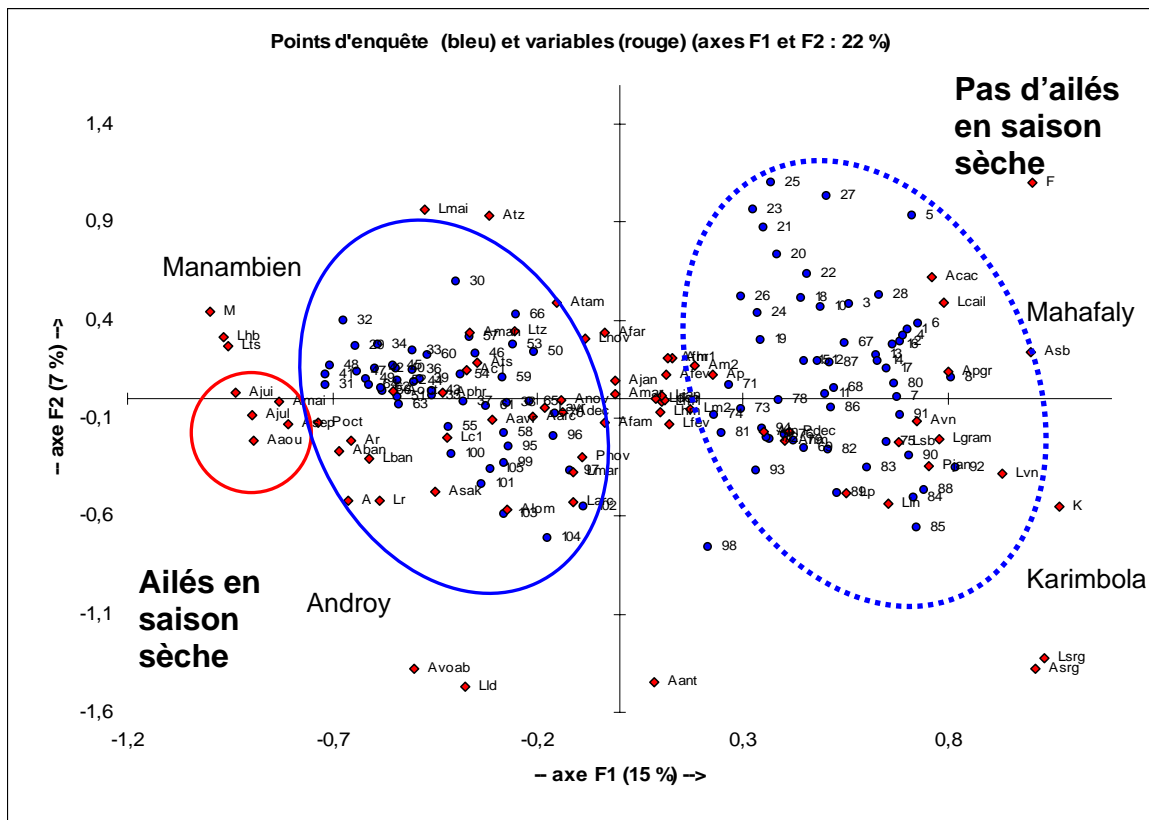


Figure 45. Analyse factorielle des correspondances du bloc de données concernant les habitats et la fréquence saisonnière des différents stades biologiques du criquet nomade. Représentation sur le plan factoriel 1-2.

Points d'enquête en bleu. Variables en rouge. L'axe 1 isole, d'un côté, les milieux (cercle bleu pointillé) Mahafaly et Karimbola, et de l'autre Manambien et Androy (cercle bleu continu) avec présence d'imagos en saison sèche (points variables dans le cercle rouge).

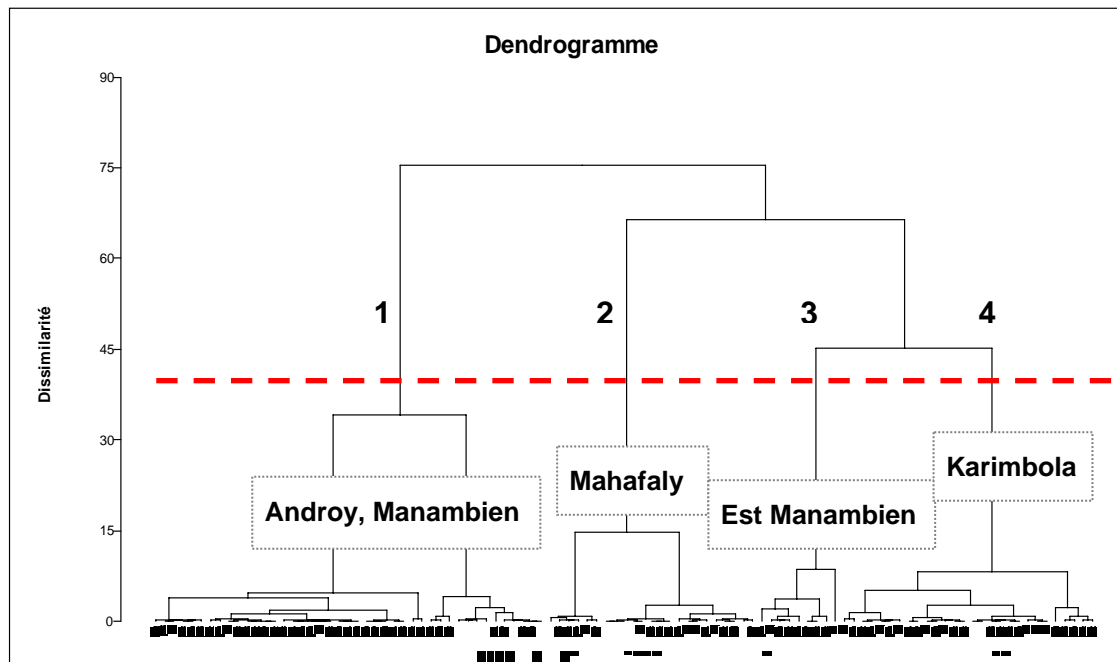


Figure 46. Classification des points d'enquête selon leurs coordonnées sur les axes factoriels 1 à 3 issus de l'analyse du bloc de données concernant les habitats et la fréquence saisonnière des différents stades biologiques du criquet nomade.

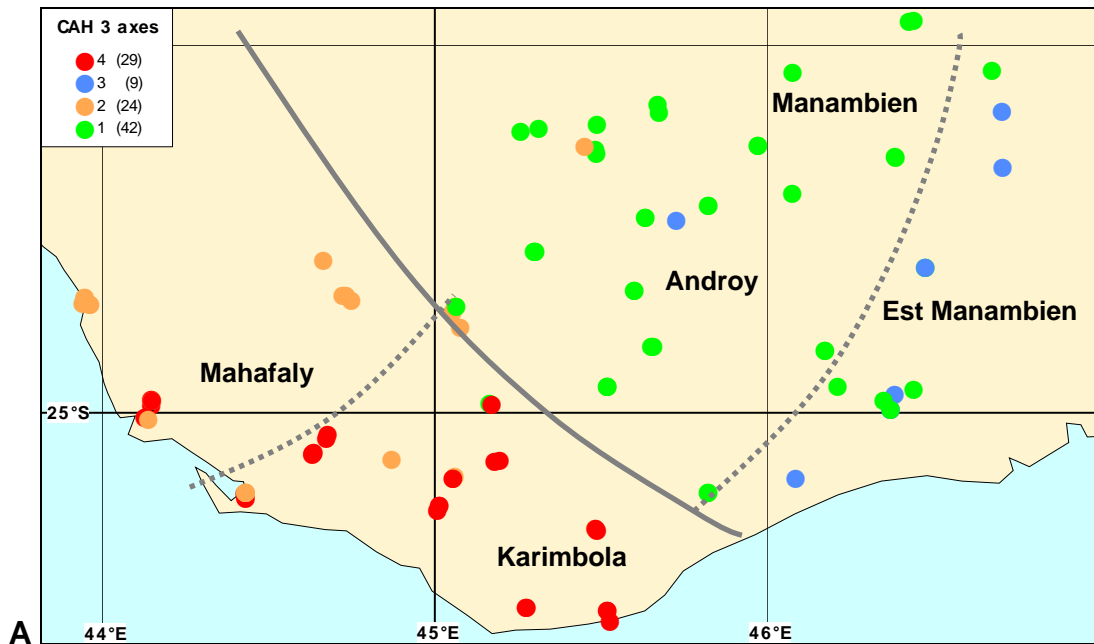


Figure 47. Cartographie des points d'enquête en fonction de la classification selon leurs coordonnées sur les axes factoriels 1 à 3.

Représentation simultanée des 4 classes : chaque point d'enquête est représenté par un point de couleur en fonction de son appartenance à une classe.

Conclusions

Les enquêtes en milieu paysan sur le criquet nomade conduites dans le sud de Madagascar nous ont permis de préciser le cycle biologique et les migrations saisonnières de ce ravageur dans le sud du pays Mahafaly, sur le plateau Karimbola, dans l'Androy et dans le cirque Manambien. Des informations ont également été collectées sur les habitats préférés de ce criquet ainsi que sur l'amplitude et la nature de ses dégâts aux cultures dans ces régions.

Les informations recueillies complètent les résultats des enquêtes précédentes qui avaient été réalisées en d'autres régions, immédiatement plus au nord, du sud de Madagascar. Elles permettent, en particulier, de préciser la division de l'extrême sud malgache en plusieurs zones écologiques complémentaires fonctions du cycle biologique du criquet, de l'amplitude moyenne de sa reproduction et de ses déplacements saisonniers. Le cirque Manambien peut ainsi être placé en zone intermédiaire de reproduction (reproduction en saison des pluies et persistance d'imagos en saison sèche) et non en zone refuge de saison sèche où il avait été classé jusqu'à présent faute d'information précise. C'est également le cas de l'Androy. De leur côté, le sud du pays Mahafaly et le plateau Karimbola sont confirmés en zone de reproduction de saison des pluies uniquement. Cependant - du fait de l'aridité - l'intensité de la reproduction y semble beaucoup moins importante que dans les régions équivalentes situées immédiatement plus au nord et ayant fait l'objet d'études antérieures (50% de signalisations larvaires en saison des pluies contre presque 100% dans les zones plus favorables).

3. Analyse des archives récentes du Centre national antiacridien

Introduction

L'analyse des archives du CNA sur le criquet nomade pour la période allant de 2000 à 2007 devait permettre, pour différentes stations du sud-ouest malgache, régulièrement échantillonnées et réparties aussi bien dans l'aire principale de reproduction du criquet nomade que dans les aires de reproduction secondaire, les aires refuge et les aires limites :

- d'analyser le cycle biologique et ses caractéristiques en fonction de la localisation géographique des stations ;
- de déterminer divers paramètres clés de la reproduction (taux de réussite du développement embryonnaire, du développement larvaire, de la reproduction dans son ensemble...) ;
- et d'étudier les corrélations entre cycle biologique et capacité de reproduction du criquet nomade et les conditions météorologiques et tout spécialement les pluies et des séquences d'événements pluviométriques.

Cette étude vient compléter l'analyse des archives anciennes du centre antiacridien (1974-1997) réalisées dans le cadre du projet PCLA de 2001 à 2003, archives qui avaient malheureusement été très mal conservées et comportaient de nombreux manques. La présente étude est, de plus, un moyen de valoriser l'important et laborieux travail sur le criquet nomade réalisé par le CNA depuis sa création - via les observations régulières effectuées par les chefs de postes (PA) et chefs de zones (ZA) - et d'en déduire des éléments utiles pour l'amélioration du dispositif de surveillance et de lutte.

3.1. Méthodologie générale

3.1.1. Programme de travail

Le programme de travail pour l'analyse des archives du Centre antiacridien a comporté les phases suivantes :

(1) **Bilan et obtention des données acridiennes disponibles au CNA** depuis sa création ainsi que des données pluviométriques sur l'ensemble du SW (cartes isohyètes mensuelles et décadaires) : Constitution d'une base de données rassemblant les données sur le Criquet nomade et les observations pluviométriques et environnementales sur l'ensemble du sud-ouest.

(2) **Renforcement de la fréquence des prospections sur certaines stations clés** : deux stations de l'aire de reproduction : Ankalirano, à côté du village de Beomby, dépendant du chef de poste acridien (PA) de Behahitse (zone d'Edjeda) et Besatra, dépendant du chef PA de Betioky (zone d'Edjeda), située à 7km au sud de Betioky ; une station située dans la partie est de la zone de reproduction de saison des pluies, à la limite des zones intermédiaires (assurant la transition entre les zones refuge de saison sèche et la zone de reproduction principale de saison des pluies) : Fotadrevo, dépendant du chef PA d'Edjeda, située à 2km de la ville de Fotadrevo ; et enfin une station située dans les aires refuge de saison sèche : Ankomanga, située à 12 km au sud de Betroka, dépendant du chef PA de Betroka (zone de Ihosy). Sur chacune de ces stations on a essayé d'obtenir 2 prospections par décade au lieu d'une seule afin d'apprécier les événements acridiens avec une plus grande précision.

(3) **Vérification des bases de données sur le Criquet nomade** : correction des erreurs de transcription ou de saisie, élimination ou correction des données aberrantes...) nécessitant la mise en œuvre de divers tests de cohérence interne (nombreux recoupements, tri par type de variable, par station, par ordre chronologique, par numéro de relevé, réalisation de divers graphiques...) et une lecture attentive de toutes les informations avec parfois nécessité d'un retour aux fiches originales.

(4) **Analyse des données** : étude de la dynamique des populations et corrélation avec les pluies : Définition d'une procédure d'analyse des données. Sur les stations les mieux et les plus fréquemment prospectées, la dynamique des populations a été reconstituée donnant la possibilité de calculer divers paramètres démographiques : les densités maximales de larves et d'imagos, la date des premières éclosions, le taux de réussite du développement embryonnaire, le taux de réussite du développement larvaire, le taux de réussite de la reproduction dans son ensemble. Ces paramètres ont été cartographiés et les cartes réalisées pour chaque année biologique. Il a ensuite été procédé à une

analyse comparée des situations acridiennes et des conditions pluviométriques afin de préciser l'impact des pluies sur les concentrations d'imagos en début de saison des pluies ainsi que sur la réussite de la reproduction et donc les pullulations.

L'appui du CNA a naturellement été indispensable à la conduite d'une telle étude. La direction du Centre a donné au CIRAD libre accès à ses données. Par ailleurs, ce travail n'a été rendu possible que grâce à la disponibilité du personnel du CNA, et en particulier aux personnels de la section surveillance. Enfin, le CNA – avec l'appui financier du CIRAD - a accepté de renforcer la fréquence des prospections dans 4 stations considérées comme des stations clé, représentatives des différentes aires d'habitat du criquet nomade (voir ci-dessus).

3.1.2. Collecte des données

Le travail d'extraction des informations sur le criquet nomade contenues dans la base de données du CNA, a été commencé - en collaboration avec la section surveillance - dès novembre 2005 où un premier bilan des données acridiennes et pluviométriques disponibles au CNA depuis sa création a été effectué. Il a été poursuivi pendant une grande partie du projet du fait de diverses difficultés (voir plus loin).

Les informations collectées concernent à la fois le criquet nomade et la pluviométrie sur le sud de Madagascar.

3.1.2.1. Les données acridiennes

Ces données sont le résultat du travail de prospection régulier, laborieux, mais indispensables car clé de tout dispositif de prévention, des PA et ZA dans l'ensemble du sud de Madagascar.

Deux types d'observations sont réalisées lors des prospections réalisées par le PA et ZA du CNA :

- les observations sur les stations dites intensives régulièrement prospectées, normalement chaque décade (donc 3 fois par mois) ; ce sont les observations effectuées par les PA ;
- les observations dites extensives, réalisées par les ZA, sur des stations qui ne sont prospectées qu'occasionnellement ; elles sont choisies par les ZA en fonction de la situation acridienne (souvent à l'occasion de la signalisation de pullulations).

Toutes ces données sont recueillies sur des fiches standardisées (voir figure).

Elles sont transmises à la section surveillance à Betioky qui procède à la saisie informatique des informations, à leur analyse et à leur stockage dans une base de données ACCES.

A noter qu'un résumé des informations est transmis régulièrement par radio. Ces messages radio sont également stockés par le service surveillance.

Au total, c'est plusieurs milliers de prospections (plus de 8000) qui sont contenues dans cette base pour la période 2000 à 2007.

Les données des 7 années suivantes ont été obtenues pour analyse :

2000-2001, 2001-2002, 2002-2003, 2003-2004, 2004-2005, 2005-2006 et 2006-2007.

A partir de la fiche de prospection, les variables suivantes ont été extraites de la base du CNA (voir tableau) :

- Variables caractérisant le relevé :

Date de l'observation, code du poste acridien, nom de la station prospectée, coordonnées géographiques

- Variables caractérisant la population acridienne :

Nombre de stades larvaires, type de distribution de la population larvaire (diffuse ou groupée) et sa densité (par hectare ou par m² en cas de population groupée), nombre de larves de phase solitaire, transiens et grégaires, nombre d'imagos femelles à téguments mous, à téguments durs en pré-vitellogénèse, à téguments durs en vitellogénèse, nombre d'imagos femelles ayant pondu, nombre

d'imagos femelles d'aspect âgé, nombre d'imagos mâles à téguments mous, à téguments durs d'aspect jeune ou d'aspect âgé, type de distribution de la population imaginable (diffuse ou groupée), densité d'imagos par hectare, nombre d'imagos de phase solitaire, transiens ou grégaire.

Tableau 14. Bilan des données acridiennes extraites de la base du CNA pour analyse.

Années	Dates d'obtention	Nombre d'enregistrements
2000-2001	avril 2006	Données disponibles mais non exploitables (peu de données et format différent de celui des années postérieures)
2001-2002	avril 2007	1027
2002-2003	avril 2006	957
2003-2004	avril 2006	1204
2004-2005	novembre 2006	1461
2005-2006	avril 2007	1416
2006-2007	novembre 2007	2325
Total		8390

NB. 1 enregistrement = 1 prospection. Ces données recouvrent à la fois les prospections intensives des chefs PA et les prospections extensives des chefs ZA. Pour chaque saison, les données ont été collectées de septembre de l'année n à août de l'année n+1.

3.1.2.2. Les données pluviométriques

Concernant les données météorologiques, grâce à l'appui efficace et à la disponibilité du météorologiste du CNA, l'ensemble des données pluviométriques mensuelles sur les divers postes pluviométriques du sud-ouest a également été collecté (extrait de la base du CNA) pour la période 2002-2007.

Au final, les données pluviométriques mensuelles (hauteur et nombre de jours de pluie) ont été collectées de septembre 2002 à octobre 2007 pour 115 postes pluviométriques du sud-ouest malgache.

Le nombre de données disponibles mensuellement est cependant très largement inférieur, variant entre 28 et 88 postes pluviométriques disponibles mensuellement pour la période 9/2002 à 8/2007.

Cependant, cette base de données pluviométrique du CNA initialement obtenue s'est cependant révélée peu fiable.

Il a fallu collecter les bulletins du SAP (Service d'alerte précoce) contenant les informations pluviométriques validées pour de nombreuses localités du sud. Ces données ont été comparées aux données du CNA. Une base de données pluviométriques originale a été constituée résultant de la fusion de diverses sources d'information.

D'autres sources d'informations pluviométriques ont été recherchées, en particulier celle de HASYMA à Tuléar. Cette société cotonnière dispose d'un vaste réseau de postes pluviométriques distribués sur une part importante du sud-ouest de Madagascar au nord et à l'ouest de Tuléar. Elle a eu l'amabilité de nous communiquer l'ensemble de ses données pluviométriques journalières. Cet ensemble d'informations aurait pu venir largement compléter celles à disposition du CNA et permettre d'améliorer sensiblement le tracé des cartes isohyètes indispensables à l'analyse des données d'archives sur le criquet nomade. Le degré de fiabilité de ces données n'a cependant pu être vérifié et elles n'ont pas été prises en compte.

Par ailleurs, les données pluviométriques de la station de Fianarantsoa ont pu être collectées (sur place au service météorologique de la province) et incorporées à la base, permettant ainsi un meilleur tracé des isohyètes dans la partie nord de la zone d'étude.

L'ensemble des cartes isohyètes mensuelles de 9/2002 à 8/2007 a été tracé et analysé afin de détecter d'éventuelle incohérences et erreurs dans les données et de procéder à leur validation avant analyse et croisement avec les données acridiennes.

Le tracé des cartes isohyètes a permis, pour chaque prospection acridienne géoréférencée, d'estimer la pluviométrie reçue au cours du mois de l'observation. Cette pluviométrie a été exprimée en classe : 0, [1-5[, [5-20[, [20-50[, [50-100[, [50-100[, [100-150[, [150-200[, [200-300[, [300-400[, >400).

3.1.2.3. Autres données : végétation et sol

Les données sur la structure et l'état phénologique du tapis végétal ainsi que celles sur la structure et l'humidité du sol, sont systématiquement notées à chaque prospection par tous les chefs de poste acridien.

Leur exploitation éventuelle a cependant dû être abandonnée :

- ces données n'ont jamais été saisies dans la base de données informatisée du CNA ;
- leur fiabilité semble sujette à question ; un examen des fiches de prospection montre que ces informations semblent notées d'une manière très répétitive par les prospecteurs (pourquoi noter à chaque fois sur la même station, la nature du sol, sa texture détaillée...).

Au final ces données sur la végétation et le sol se sont révélées peu fiables et n'ont pu être analysées.

Il en va de même pour les observations sur les ennemis naturels qui ne renferment que des données triviales sans aucune utilité et dont la fiabilité est également douteuse.

Figure 48. La fiche de prospection acridienne utilisée par le CNA pour la collecte des informations.

Voir page suivante

NB Les zones encadrées en rouge sur la fiche correspondent aux données collectées et analysées.

CENTRE NATIONAL ANTIACRIDIE
FICHE DE PROSPECTION ANCRIDIENNE

A - Références

1. Prospecteur : **N° relevé** : . Date : . J. f N° Fiche ;
 2. PA : . 3. Fivondfonsns : . 4. Com : .
 5. Station : 6. Latitude : . S 7. Longitude : . E 8. Altitude : m
 Surf. Station (ou eonlam) : ha Surf. prospect : ha Surf. **Infestée** : ha

B - Locusta mig., to, i. Clplto

Imago.

9. **Densité** population **diffuse** : /ha 10. **Densité** population groupée : — — — — — 1m'

Accouplement ! Ponte

Néant **Rare** **Peu** **Beaucoup** **Dominant**

11. **Accplt**

12. **Ponte**

13. Captures Nombre d'msgos **capturés** : (SO max) Temps de capture : minutes (30min max)

Sexe	Phas	A1	A2	A3-1/4	A3-1/2	A3-3/4	A3-4/4	A4	A5	1
Solitaires										
Nb'e	Solilaro-trans									
FemeHes	Tranlien.									
Grégaires										
Solitaires										
	Solilaro-tranl									
Nbre de Mâles	Tranlienl									
Grégaires										

A234

Larv--

14 **Densité** population diffuse : fha 15. **Densité** population **groupée** : /ma

16 Captures Nombre : (65 max)

Phase	L1	L2	L3	L4	L5
Solitaires					
Solitaro-trans	1	1			
Transiens					
Grégaires					

C-Nomadac, s septemasciata

Imagos

17. **Densité** population diffuse : /ha 18. **Densité** population **groupée** : /ma

Accouplement ! Ponte

Rare **Peu** **Beaucoup**

16. **Accplt**

17. **Ponte**

19 Captures Nombre : (30 max i)

Sexe	Phase	A1	A2	A3-1/4	A3-1/2	A3-3/4	A3-4/4	A4
Solitaires								
Nbre de Femelles	Transiens							
	Grégaires							
	Solitaires							
Nbre de Mâles	Transiens							
	Grégaires							

Larves

20. Densité population diffuse :/ha 21. Densité population groupée :/m²

21. Captures Nombre : (75 max)

Phase	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7
Solitaires							
Transiens							
Grégaires							

D - Infestation

Description

	Espèce	Taille			surf tot ha	Densité			Interdistance
		min	max	moy		min	max	moy	
Tache L									
Bande L									
Vol clair									
Essaim									

Comportement

	Espèce	Repos	Déplac.	Direction		Vent	
				de	Vers	de	Vitesse
Tache L							
Bande L							
Vol clair							
Essaim							

E - Végétation

	^a Surf. Rel. (Tot 00°/o)	^b H. Moy (m)	^c Rec °/o (100°/o)	^d °/o Verdiss.	^e Repous.	^f Gem. ORPAD	^g Feuille ORPAD	^h Fleur ORPAD	ⁱ Fruit ORPAD	^j Sec ORPAD
Sol nu										
37. Strate arborée										
38. Strate arbustive										
39 Strate buissonneuse										
40. Strate herbeuse										
41. Cultures sèches										
42. Culture hygrophiles										

43. Dégâts sur culture	Nuls	Faibles	Moyens	Forts
------------------------	------	---------	--------	-------

Humidité du sol S ou H =>	Surf.	0-5 cm	5-12 cm	12-30 cm	> 30 cm
------------------------------	-------	--------	---------	----------	---------

45 Textile du sol	Argileuse	Limoneuse	Sable fin	Sable grossier	gravier	cailloux	Bloc
ORPAD =>							

46. Ennemis naturels observés.....

OBSERVATIONS : (Tout événements susceptible de compléter les observations acridiennes et écologiques)

En rouge, les variables utilisées (en tout ou partie).

Tableau 15. Les données sur le criquet nomade extraites de la base du CNA par la section surveillance à la demande du CIRAD.

Variables caractérisant le relevé :	
Année	Année d'observation
Mois	Mois d'observation
Décade	Décade d'observation
DATE_RELEVÉ	Date du relevé
Code_PA	Code du poste acridien
Station	Nom de la station
CODE_STATION	Numéro de code de la station
CODE_RELEVÉ	Numéro de code du relevé
LATITUDE	Latitude de la station
LONGITUDE	Longitude de la station
Variables caractérisant la population acridienne :	
L1	Nombre de larves de stade 1
L2	Nombre de larves de stade 2
L3	Nombre de larves de stade 3
L4	Nombre de larves de stade 4
L5	Nombre de larves de stade 5
L6	Nombre de larves de stade 6
Distribution_L	Type de distribution de la population larvaire (diffuse ou groupée)
DENSITE_L	Densité de larves par hectare (ou m ² si groupé)
S	Nombre de larves de phase solitaire
T	Nombre de larves de phase transiens
G	Nombre de larves de phase grégaire
A1	Nombre d'imagos femelles à téguments mous
A2	Nombre d'imagos femelles à téguments durs en pré-vitellogénèse
A3 14	Nombre d'imagos femelles à téguments durs, vitellogénèse 1/4
A3 24	Nombre d'imagos femelles à téguments durs, vitellogénèse 1/2
A3 34	Nombre d'imagos femelles à téguments durs, vitellogénèse 3/4
A3 44	Nombre d'imagos femelles à téguments durs, vitellogénèse 4/4
A4 14	Nombre d'imagos femelles ayant pondue, vitellogénèse 1/4
A4 24	Nombre d'imagos femelles ayant pondue, vitellogénèse 2/4
A4 34	Nombre d'imagos femelles ayant pondue, vitellogénèse 3/4
A4 44	Nombre d'imagos femelles ayant pondue, vitellogénèse 4/4
A5	Nombre d'imagos femelles d'aspect âgé
A1b	Nombre d'imagos mâles à téguments mous
A2b	Nombre d'imagos mâles à téguments durs, aspect jeune
A5b	Nombre d'imagos mâles d'aspect âgé
Distribution_A	Type de distribution de la population imaginaire (diffuse ou groupée)
DENSITE_A	Densité d'imagos par hectare
S	Nombre d'imagos de phase solitaire
T	Nombre d'imagos de phase transiens
G	Nombre d'imagos de phase grégaire

NB. Les premières analyses ont montré que la qualité des informations collectées est de qualité très diverse selon les variables concernées. Ainsi, les informations sur la phase des populations sont très généralement inexploitable. Celles concernant l'état phénologique des populations imaginaires sont parfois sujettes à caution (confusion entre différents stades liés sans doute à une difficulté à reconnaître les débuts de vitellogénèse ainsi que les femelles ayant pondue).

3.1.2.4. Difficultés rencontrées pour l'obtention des données

Les données d'archive du CNA n'ont pu être obtenues – d'une manière fiable - qu'après un délai beaucoup plus long que ce qui était prévu initialement. Ce travail d'extraction des informations de la base du CNA – réalisé en collaboration avec la section surveillance - a en effet commencé dès le début du projet sur le terrain avec la mission de mise en place en novembre 2005 et, face à diverses difficultés, a dû se poursuivre jusqu'en avril 2007. Les principales difficultés rencontrées résultent soit de l'absence, lors des missions CIRAD, du responsable de la section surveillance retenu par d'autres tâches, soit à des difficultés de gestion de la base de données par le personnel du CNA.

A titre d'exemple des difficultés rencontrées, les données de 2005-2006, obtenues une première fois en novembre 2006 grâce à la section surveillance, se sont avérées fausses (extraction erronée à partir de la base). Une nouvelle version a été obtenue seulement en mars 2007 qui, après de nouvelles vérifications, s'est de nouveau révélée non fiable. Une version stabilisée et exploitable de cette base de données n'a pu être obtenue du service surveillance qu'en avril, lors d'une mission de terrain d'un expert CIRAD.

Ces péripéties de l'obtention des informations d'archives du CNA à partir de la base de données se sont répétées à de très nombreuses reprises au cours du projet. Pour chaque année d'archives les données ont dû être extraites et vérifiées plusieurs fois. L'absence fréquente, pendant les missions CIRAD, des personnels ou responsable de la section surveillance, associée aux difficultés manifestes rencontrées par ces derniers pour la gestion de la base de données, ont entraîné des difficultés insoupçonnées au départ et des pertes de temps considérables. Chaque année de données a dû faire l'objet de multiples extractions et vérifications avant de pouvoir aboutir à un ensemble de fiabilité à peu près assurée. Faut-il souligner que ces données ont dû ensuite faire encore l'objet de nombreuses autres vérifications (voir plus bas).

Au final, il aura fallu deux ans pour pouvoir disposer de l'ensemble des informations utiles concernant les archives du CNA. Un tel délai n'était guère imaginable en début de projet pour un organisme disposant d'une base de données informatisée. Les difficultés se sont accumulées : mauvaise maîtrise de la base de données du CNA par certains personnels adjoints du service surveillance, extractions multiples de données s'avérant finalement erronées après vérification, contamination du parc informatique du CNA par des virus, coupures d'électricité fréquentes, sautes de tension électrique très dangereuses pour le matériel informatique, difficultés de communication liées à l'isolement de Betioky, emploi du temps chargé des personnels du service surveillance pouvant les éloigner du Centre CNA de Betioky lors des missions CIRAD.

Le facteur clé de la résolution de ces problèmes aura été la présence effective sur Betioky du responsable de la section surveillance (seul à même apparemment, à l'époque, de pouvoir manipuler correctement la base de données) et de ses adjoints. Il convient à ce niveau de le remercier tout spécialement pour son efficacité, et pour avoir su conserver en sécurité une copie de la base de données d'archives, alors que l'ordinateur qui était dédié à cette base n'était plus fonctionnel lors d'une des missions CIRAD sur Betioky.

3.1.3. Critique des données, procédures de vérification et variables retenues pour analyse

3.1.3.1. Données originales

Les données originales ont été notées sur des fiches de prospections, sur le terrain. Ces informations sont transmises oralement par radio, pour les plus importantes. La fiche elle-même avec l'ensemble des informations est ensuite expédiée par courrier (ou porteur) au service de surveillance du CNA. La saisie informatique des informations est effectuée par différents opérateurs, plusieurs semaines plus tard, voire davantage, en fin de campagne. La saisie est normalement effectuée sous Accès (logiciel de gestion de bases de données), mais parfois sous Excel (tableur) en fonction de l'état de fonctionnement du matériel informatique, avec toutes les possibilités d'erreurs liées à des saisies sous des logiciels différents et par des personnes différentes. Certaines données ont dû être saisies directement par le CIRAD à partir des fiches originales qui n'avaient pas encore été traitées par le CNA.

Les données ont été fournies au CIRAD sous la forme de tableaux Excel. Un tableau a été mis à disposition par campagne acridienne (de septembre de l'année n à août de l'année n+1), mais avec parfois des relevés appartenant à la campagne précédente ou à la campagne suivante, que l'on ne retrouve d'ailleurs pas toujours dans le fichier correspondant obligeant à des vérifications supplémentaires.

Chacun des tableaux comporte plusieurs centaines ou milliers de lignes (voir le nombre de prospections par année dans le tableau 14) et une vingtaine de colonnes (voir la liste des variables dans le tableau 15).

3.1.3.2. Principaux problèmes rencontrés

La consultation attentive des différents tableaux de données a révélé **divers types de problèmes** :

- les uns relevant d'erreurs de transcription sur la fiche de relevé ou lors de la saisie de l'information dans la base de données (erreur de saisie, saisies multiples d'une même fiche avec des informations discordantes selon les versions...);
- les autres posant le problème de la capacité des prospecteurs pour apprécier efficacement certains critères, voire de la fiabilité de certains critères qui seront sans doute à reconsidérer (par exemple l'état phasaire ou l'état de maturité des femelles) ;
- les derniers enfin, posant le problème de la crédibilité à accorder au travail effectué par certains prospecteurs et obligeant à éliminer certains blocs de données.

La vérification de la base de données a nécessité la mise en œuvre de nombreux tests de cohérence interne et une lecture attentive de toutes les informations. Il a fallu procéder à de nombreux recoupements, tris par type de variable, par station, par ordre chronologique, par numéro de relevé, ainsi qu'à la réalisation de divers graphiques destinés à vérifier la cohérence des données.

A noter que toutes ces procédures devraient faire partie d'un travail régulier de vérification de la qualité de l'information contenue dans la base du CNA.

Parmi tous les problèmes rencontrés on mentionnera spécialement :

Qualité du travail de saisie

- Difficultés pour appréhender la signification des cases numériques vides : **les valeurs nulles** (zéros) ne sont fréquemment pas notées. Il est impossible de savoir si l'observation a été faite (valeur zéro) ou si l'observation n'a pas été faite (le champ aurait dû être laissé en blanc). Sur indication du service surveillance on a considéré que les champs laissés en blanc correspondaient à des valeurs nulles.
- Nombreuses **erreurs de saisie** des données : doublons (relevés saisis deux fois dans la base de données, voire 3 fois), même relevé enregistré deux fois sous deux numéros différents, etc.
- **Coordonnées géographiques des stations fréquemment absentes**, parfois fausses. Il a fallu effectuer un long travail de recueil des coordonnées géographiques (consultations des cahiers de notes personnelles des agents de la section surveillance, consultation des cartes, renseignements auprès des PA et ZA, aller directement sur le terrain relever les coordonnées des stations...). Malgré tout, au final, plusieurs dizaines de relevés sans coordonnées géographiques ont dû être éliminées des analyses.
- **Coordonnées géographiques d'une même station pouvant changer**, une ou plusieurs fois, au sein d'une même campagne acridienne, ou d'une campagne à l'autre
- **Absence de dénomination standardisée** des stations rendant les confusions possibles.
- **Noms de variables** non homogénéisées et différents d'une année à l'autre.

Qualité du travail d'observation

- **Echantillons de larves et d'imagos souvent insuffisants** alors même que la densité de la population laisse supposer qu'il aurait été aisé d'obtenir un échantillon plus important (par exemple, seulement 2 ou 3 larves collectées pour établir la structure de population avec une densité de larves estimée à 25000 individus / hectare). D'une manière générale, les échantillons de population pour établir les structures d'âge sont le plus souvent très faibles. Ainsi, en moyenne, les prospecteurs ont collecté 1,5 larves et 1 imago par prospection au cours de la campagne acridienne 2005-2006. Si l'on ne retient que les cas où larves ou imagos sont présents, l'échantillon est le plus souvent de 1 à 4 imagos et moins de 10 larves pour les stations prospectées intensivement. Ce n'est que pour les prospections extensives, et dans les cas de pullulations importantes, que l'échantillon de population devient suffisamment important.
- **Manque de fiabilité des données sur l'état phasaire:** certaines variables sont mal notées par les prospecteurs. C'est particulièrement le cas de l'état phasaire des populations pour lequel les données se sont révélées incohérentes sans doute du fait de critères phasaires mal définis ou, mal connus des prospecteurs.
- **Manque de fiabilité des données sur la structure d'âges des imagos :** La structure d'âge des populations imaginale est parfois sujette à caution. Des femelles en maturation ou ayant pondu sont parfois signalées en pleine saison sèche, alors que les populations sont toutes en diapause imaginale. Il s'agit dans ce cas soit d'une mauvaise observation du prospecteur (confusion entre corps gras et ovocyte en vitellogenèse, par exemple), soit d'un manque de fiabilité du critère de ponte utilisé (trace de matière spumeuse sur les valves de l'oviscape des femelles).
- **Doute sur la réalité des données et le travail effectué :** les stations du Nord-Ouest de la zone, correspondant aux postes acridiens de Manja, d'Ankaroabato et de Befandriana Sud ont été supprimées car les erreurs y étaient manifestes, remettant en cause la validité de l'ensemble des enregistrements correspondants. L'analyse, station par station, de la dynamique des populations du criquet nomade dans ces secteurs a permis de se rendre compte de l'incohérence totale de l'ensemble des observations réalisées (par exemple, la courbe des populations larvaires, bien trop parfaite et homothétique de celle des imagos). À l'évidence les données collectées dans ces régions sont au mieux fausses (par manque de formation des prospecteurs), au pire et plus fréquemment, le résultat de manipulations souvent grossières. L'ensemble des données de ces secteurs a dû être rejeté. Cette analyse a d'ailleurs confirmé les doutes que le CNA semblait déjà avoir sur la qualité des travaux de surveillance qui y étaient réalisés.

3.1.3.3. Corrections apportées aux données

Fort des constats précédents, les données ont été corrigées avant analyse. Au moyen de nombreux tris, en tous sens et à plusieurs reprises, on a pu corriger :

- Les noms des stations (orthographe variable, espaces, décalages, homonymies, etc.). Il a fallu adapter les noms de certaines stations afin d'identifier les homonymes au premier coup d'œil (par exemple : Andriabe (Sak) et Andriabe (Btr), selon que le poste acridien correspondant est Sakaraha ou Betroka.)
- Les noms des postes acridiens (idem)
- Les dates (format français/anglais, hors période, etc.)
- Les coordonnées (aberrations, coordonnées en mer, latitudes positives, longitudes négatives, nombreux manques à rechercher dans d'autres référentiels, etc.). À ce propos, les coordonnées ont représenté un gros problème de compréhension, une même station pouvant en changer, une ou plusieurs fois, au sein d'un même campagne acridienne, d'une campagne à l'autre... De même, il a fallu en homogénéiser le format, tantôt en degrés décimaux, d'autres fois en degrés/minutes/secondes.
- Les données déduites des dates (années, mois, décades, jour), qui présentaient parfois des erreurs car non déduites automatiquement.

- Les cases numériques vides (la question est restée en suspend longtemps et celles-ci ne se sont vu attribuer qu'en début 2008 une valeur zéro après consultation et confirmation du CNA).

Les doublons et autres répétitions (une même station, les mêmes coordonnées, la même date) ont pu être identifiés simplement au moyen d'un compteur et supprimés ou regroupés en un seul enregistrement.

La production d'histogrammes a également aidé à la validation des données. Leur tracé a permis d'appréhender d'autres erreurs, en particulier lors de la transcription des densités imaginaires et larvaires, lorsque certaines stations ont présenté des courbes aberrantes, sans rapport avec la réalité biologique.

Tout ceci montre à l'évidence qu'il convient pour le CNA :

- de procéder régulièrement (et au moins une fois par an) à des procédures de vérification de la qualité de la saisie et à de nombreux recoupements d'informations,
- de compléter la formation de certains chefs de postes et de zone acridiens qui semblent fréquemment procéder à des saisies erronées.

3.1.3.4. Données retenues pour l'analyse

Après correction et validation, un nombre limité à 8390 prospections a finalement été retenu pour analyse (voir tableau 1) entre 2001 et 2007.

Par ailleurs, du fait du manque de validité ou de consistance de nombreuses variables, seules ont été retenues les nombres de larves de stades 1 à 6 et les densités de larves et d'imagos par hectare.

Quant aux données sur l'environnement acridien, elles se limitent à la pluviométrie moyenne mensuelle estimée d'après le tracé des cartes isohyètes (voir plus haut).

Le tableau de données pour analyse est donc du type : [8390 prospections x Densité de larves 1 à 6 + densité d'imagos + pluviométrie moyenne mensuelle estimée].

Finalement, l'ensemble de ce travail d'obtention, de vérification et de validation des données a été beaucoup plus coûteux en temps que prévu. Ce travail, comme nous allons le voir, a cependant été très fructueux, permettant fréquemment d'apporter - pour les sites les mieux et les plus régulièrement prospectés - des informations très précieuses sur la dynamique locale du criquet nomade dans les différentes zones du sud-ouest ainsi que sur ses taux de reproduction en fonction des conditions écologiques.

3.2. Analyse des données et résultats

L'analyse des archives du CNA a été réalisée - une fois les données collectées et vérifiées - en poursuivant plusieurs objectifs :

- **analyser la distribution spatiale** des populations de larves et d'imagos ;
- **établir le cycle biologique** du criquet nomade dans les différentes zones du sud malgache ; spatialiser les résultats, établir les complémentarités entre zones et affiner le schéma des déplacements saisonniers ;
- **estimer les taux de reproduction** embryonnaire, larvaire et global d'une génération à l'autre (analyse effectuée pour différents sites et pour plusieurs saisons, chaque fois que la qualité des données a été considérée comme suffisante) ;
- **rechercher les corrélations** entre la dynamique des populations (distribution saisonnière, cycle biologique, taux de reproduction) et les conditions pluviométriques.

3.2.1. Distribution géographique saisonnière des larves et des imagos et relation avec les pluies

Objectif

Il s'agissait, à partir des données d'archive du CNA, d'étudier les grandes lignes de la distribution saisonnière des larves et des imagos du criquet nomade et de rechercher les relations avec la pluviométrie.

3.2.1.1. Méthode et données analysées

L'ensemble des données d'archive du CNA obtenues depuis sa création - soit sur la période septembre 2001 à août 2007 - a été retenu pour analyser la distribution spatiale des larves et des imagos de criquets nomades, son évolution saisonnière et ses relations avec la pluviométrie.

Après correction et validation (voir plus haut le paragraphe collecte des données), un nombre limité à 7368 prospections a finalement été retenu pour analyse. L'ensemble de ces données a été cartographié, soit 72 cartes de distribution des larves et autant pour les imagos (figure 49). Des cartes moyennes mensuelles ont également été dressées.

Afin d'analyser les relations avec les conditions pluviométriques, des analyses multivariées ont ensuite été conduites sur un tableau associant à chaque prospection les variables acridiennes (les densités de larves et d'imagos), ainsi que la pluviométrie mensuelle.

Les stations prospectées n'ayant généralement pas de pluviomètre à proximité, pour chaque station et pour chaque date de prospection, la pluviométrie a été déterminée grâce au tracé des courbes isohyètes mensuelles (figure 50). Ce tracé a été effectué sur la base du fichier de données pluviométriques du CNA corrigé en particulier avec la base de données pluviométriques du SAP (voir plus haut le paragraphe « Collecte des données »). Pour chaque station et pour chaque prospection, on a affecté une valeur de la pluviométrie - exprimée en classe - en fonction de la position de la station sur la carte isohyète.

Les densités de larves et d'imagos ont été converties en classes (valeurs des bornes : 0 / 1-250 / 250-500 / 500-750 / 750 -1000 / 1000-2500 / 2500-10000 / >10000 par hectare), de même que la pluviométrie (0 / 1-5 / 5-10 / 10-20 / 20-50 / 50-100 / 100-150 / 150-200 / 200-250 / 250-300 / 300-400 / >400 mm de pluie dans le mois).

Différentes combinaisons de pluies ont également été prises en compte : pluviométrie du mois en cours, du mois précédent, pluviométrie cumulée du mois en cours et du mois précédent, etc.

Au final, une matrice [observations x variables] a ainsi été constituée comportant les 7 368 prospections (observations) et, pour chacune, 12 variables observées (DL densité de larves, DI densité d'imagos, pluviométrie des mois P, P-1, P-2, P-3, P-4, P11, P12, P01, P02, P03). Les corrélations entre données acridiennes et pluviométrie ont ensuite été recherchées en appliquant à cette matrice une méthode dite « de co-inertie ».

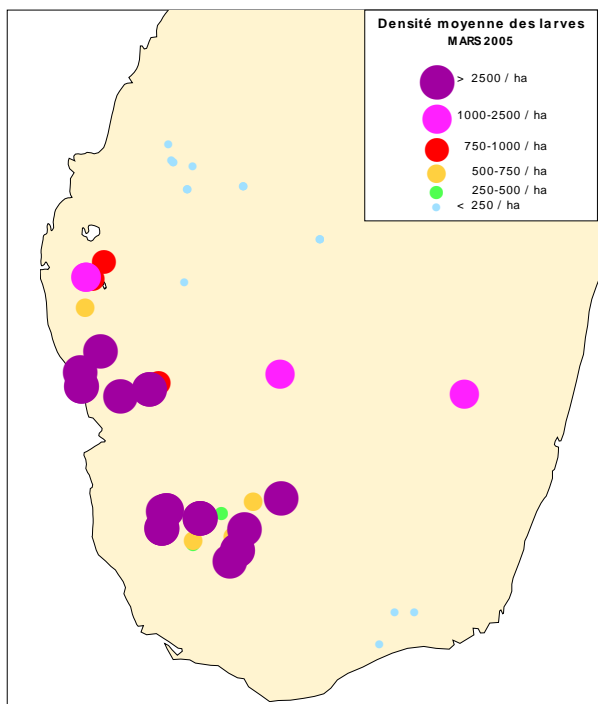


Figure 49. Exemple de carte de répartition des populations de criquet nomade (archives du CNA vérifiées et traitées avec le logiciel Map Info) (carte de mars 2005).

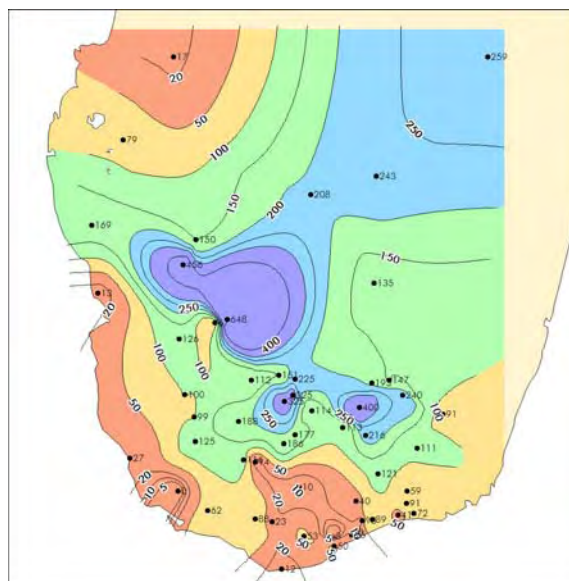


Figure 50. Exemple de carte pluviométrique tracée à partir de la base de données du CNA, vérifiée et corrigée à partir des données du SAP (logiciel Map Info) (carte de décembre 2005).

3.2.1.2. Résultats

3.2.1.2.1. Distribution saisonnière des larves et des imagos

Les figures 51 et 52 fournissent mois par mois une image de la distribution spatiale des populations larvaires et imaginaires de criquets nomades dans le sud de Madagascar. Pour chaque station ayant fait l'objet de prospections entre 2001 et 2007, la densité maximale observée au cours de cette période a été représentée sous forme d'un cercle de diamètre proportionnel à la densité. Ces cartes permettent de visualiser les grandes lignes de l'évolution saisonnière des populations.

Les cartes de distribution des larves mettent en évidence une période de présence larvaire s'étendant essentiellement de janvier à avril (quelques larves observées fin décembre), sur une zone assez limitée du sud-ouest correspondant à la zone de reproduction du criquet nomade.

Les cartes de distribution des imagos montrent une localisation en octobre essentiellement au nord-ouest de la zone, en densité assez faibles en général. Ces populations sont alors dispersées au niveau des zones refuge. A partir de novembre on note un déplacement vers le sud-ouest des populations imaginaires qui, en décembre, se concentrent au niveau de la zone de reproduction. Les populations sont alors en densités plus élevées, résultat de la migration et de la concentration des populations sur les biotopes de reproduction.

En janvier et février les densités imaginaires sont faibles. Les quelques densités plus élevées continuent à être observées dans l'aire de reproduction. Il s'agit là de populations imaginaires en fin de vie qui vont laisser la place à la génération suivante à partir de mars.

En mars, les densités imaginaires augmentent un peu partout dans la zone de reproduction sous l'effet de l'apparition des imagos de la nouvelle génération. En avril on commence à voir le barycentre des populations se déplacer vers le nord-est. Ce déplacement se renforce en mai et juin. A mesure, les

densités imaginaires baissent sous l'effet de la dispersion des imagos dans les aires refuge de saison sèche. En juillet, les populations imaginaires sont essentiellement observées, en faible densité, dans le nord-est de la zone, au niveau des aires refuge de saison sèche.

En août, aucune prospection n'est en général effectuée par le CNA.

3.2.1.2.2. Une aire grégarigène du criquet nomade dans le sud malgache

A partir de 2006, la situation est particulière avec l'aggravation de la situation acridienne, l'augmentation du niveau des populations et l'apparition de populations progressivement de plus en plus transiens et grégaires.

Cette évolution se marque en particulier, au niveau distribution, par la persistance en saison sèche de populations imaginaires importantes dans l'aire de reproduction de saison des pluies. On l'observe à partir de septembre 2006, mois pour lequel la carte de distribution révèle des populations imaginaires en densité assez importante du plateau de Belomotra au plateau Mahafaly (figure 53). Les valeurs élevées de densité imaginaires observées dans ces zones sur les cartes moyennes sont essentiellement le résultat de la situation acridienne de septembre 2006.

Le même phénomène a été observé au cours de la saison sèche 2007. Il traduit le changement phasaire et l'aggravation de la situation acridienne depuis quelques années. Les individus grégaires ont en général, comme chez *Locusta*, des exigences écologiques différentes de celles des solitaires. Ils sont plus tolérants au niveau des conditions écologiques et, en fin de saison des pluies, éprouvent sans doute moins le besoin de migrer vers les zones refuge de saison sèche. Ceci expliquerait le maintien de populations de criquets nomade en densité élevée (vols clairs et essaims) dans des zones qui sont habituellement désertées par les solitaires en saison sèche. Il est probable que ces populations grégaires, bénéficiant de températures plus élevées que dans les zones refuge plus hautes et plus froides, peuvent nomadiser au gré des vents pendant toute la saison sèche. En début de saison des pluies, ces populations grégaires sont sans doute renforcées par les populations solitaires ayant passé la saison sèche dans les zones refuge et migrant vers le sud-ouest pour venir terminer leur maturation sexuelle et pondre dans la zone de reproduction.

Il est évident que la zone de reproduction de saison des pluies - et tout spécialement une étroite bordure sud-ouest à la limite des zones de forêt sèche - constitue, pour le criquet nomade, une aire de grégarisation susceptible d'engendrer des populations grégaires comme on a pu le voir au cours de ces dernières années, sans doute pour la première fois depuis longtemps. Cette zone est celle qui permet, en début de saison des pluies, une concentration des populations solitaires ayant passé la saison sèche dans les zones refuge. C'est dans cette zone que l'on observe, en moyenne, les meilleurs taux de reproduction (Lecoq et al., 2006). C'est là que sont généralement localisées les plus fortes concentrations de larves (voir plus loin). C'est également ici que le déboisement a été le plus intensif au cours des 20 dernières années et qu'un maximum de biotopes potentiellement favorables au criquet nomade ont été ouverts (voir plus loin). Globalement, le sud-ouest malgache constitue donc bien une aire grégarigène du criquet nomade avec une location des foyers de grégarisation au niveau de la bordure ouest de l'aire de reproduction principale. Le processus de grégarisation et le déclenchement d'une éventuelle invasion doivent cependant demander beaucoup plus de temps que dans le cas du criquet migrateur, le criquet nomade n'ayant qu'une seule génération par an et un seuil de grégarisation nettement plus élevé (5000 imagos par hectare contre seulement 2000 chez *Locusta*, Franc et al., 2005).

3.2.1.2.3. Corrélations entre distribution acridienne et pluies

Une analyse de co-inertie conduite sur le tableau de données montre essentiellement une forte corrélation positive entre les densités larvaires et les valeurs de la pluviométrie des mois P et P-1 (figures 54 et 55). Autrement dit, plus la pluviométrie du mois en cours et/ou du mois antérieur (en gros de janvier à avril) est forte sur les sites de reproduction, plus la densité larvaire est forte. La densité de larves, DL, est par contre très faiblement négativement associée à P-3 et P-4, ce qui est normal vu le temps de développement larvaire de l'ordre de 2 mois.

Au contraire, pour les imagos, la densité DI est fortement corrélée négativement avec la pluviométrie des mois P et P-1, indiquant une indépendance de la densité imaginaire par rapport à ces variables. Par contre, DI est corrélée positivement avec P-3 et P-4 (moins, cependant, que DL par rapport à P et P-1). On peut voir là l'influence de la pluviométrie des mois de novembre, décembre et janvier sur la

réussite du développement embryonnaire et, en conséquence, sur la densité de la population imaginale de la nouvelle génération apparaissant entre mars et avril dans les aires de reproduction.

Si l'on analyse plus précisément les relations entre densités larvaires et imaginale, d'une part, et la quantité de pluie, d'autre part, on constate (figure 56) que la densité de larves, DL, est associée aux classes les plus fortes de P0 et P-1. Jusqu'à un certain niveau, plus la pluie de P et P-1 est forte plus la densité larvaire est élevée. Par contre, quand il y a trop d'eau (environ plus de 300 mm), les conditions semblent moins favorables aux larves et la densité larvaire est moins forte. Cette relation s'observe naturellement si l'on fait la moyenne des densités larvaires par classe de pluviométrie (figure 57).

La densité imaginale, DI, suit une tendance inverse (figure 56), mais moins nettement. DI est aussi plutôt favorisé par des pluies élevées à P-4 (fortes pluies de décembre et densité imaginale élevée en avril suivant), mais est plutôt défavorisé par des pluies fortes à P. Globalement, la corrélation entre DI et les pluies est moins forte qu'entre DL et la pluviométrie. Si l'on calcule la moyenne des densités imaginale par classe de pluviométrie (figure 58) on note deux pics de densité : l'un pour les pluviométries faibles, l'autre pour les pluviométries fortes à P-3 et P-4. Les fortes densités imaginale associées à des pluviométries faibles doivent correspondre au regroupement d'imagos parentaux en début de saison des pluies, vers novembre et décembre (et donc précédés de mois secs : juillet à septembre). Les densités imaginale fortes associées à des pluies supérieures à 150 mm doivent correspondre aux jeunes imagos de la nouvelle génération apparaissant en mars/avril, et dont l'abondance semble donc liée à la pluie de novembre, décembre et janvier.

Ces résultats ne sont pas triviaux. Au vu de ces premières conclusions, on peut d'ores et déjà entrevoir le rôle majeur de la pluie, de novembre à janvier (et sans doute tout spécialement celle de décembre et janvier), sur la réussite du développement du criquet nomade dans le sud de Madagascar. Ces simples données d'archive du CNA, globales, sur la distribution de cet insecte – au-delà de leurs imperfections et malgré les difficultés à les collecter et à les vérifier - nous montrent (1) que la réussite du développement larvaire est liée à la quantité de pluie reçue pendant les mois correspondants, et (2) que le facteur très certainement déterminant de la densité des jeunes populations imaginale en mars-avril réside dans la quantité de pluie reçue 3 à 4 mois auparavant, donc au moment de la ponte, en cours de développement embryonnaire et en début de développement larvaire, entre novembre et janvier.

En résumé, les fortes densités larvaires sont observées pour des pluies mensuelles comprises entre 150 et 300mm entre décembre et février. Une pluviométrie inférieure se traduit par des densités larvaires plus faibles, de même qu'une pluviométrie supérieure à 300 mm. Les fortes densités imaginale de la jeune génération, en mars/avril, semblent résulter de pluies supérieures à 150mm, trois à quatre mois plus tôt, soit entre novembre et janvier.

Ces relations entre dynamique du criquet et pluies vont être affinées dans les paragraphes suivants traitant successivement du cycle biologique et des taux de reproduction. On pourra alors préciser l'impact des pluies sur le système de migrations et la réussite du développement. On verra, en particulier, que le rôle des pluies sur le développement embryonnaire est spécialement confirmé comme facteur clé de la réussite globale de la reproduction et des pullulations.

Pages suivantes :

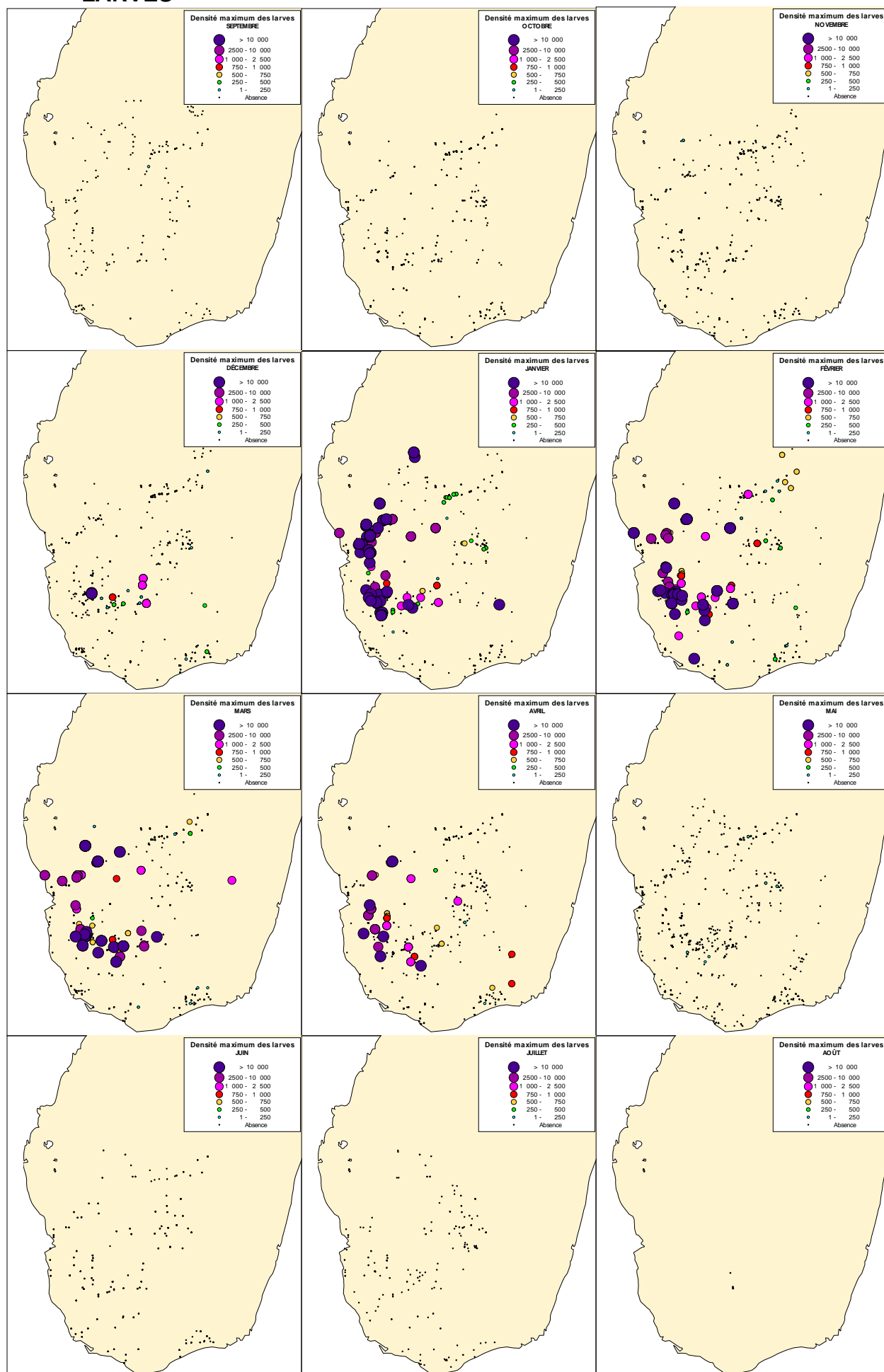
Figure 51. Distribution mensuelle des larves de criquets nomades dans le sud de Madagascar.

Figure 52. Distribution mensuelle des imagos de criquets nomades dans le sud de Madagascar.

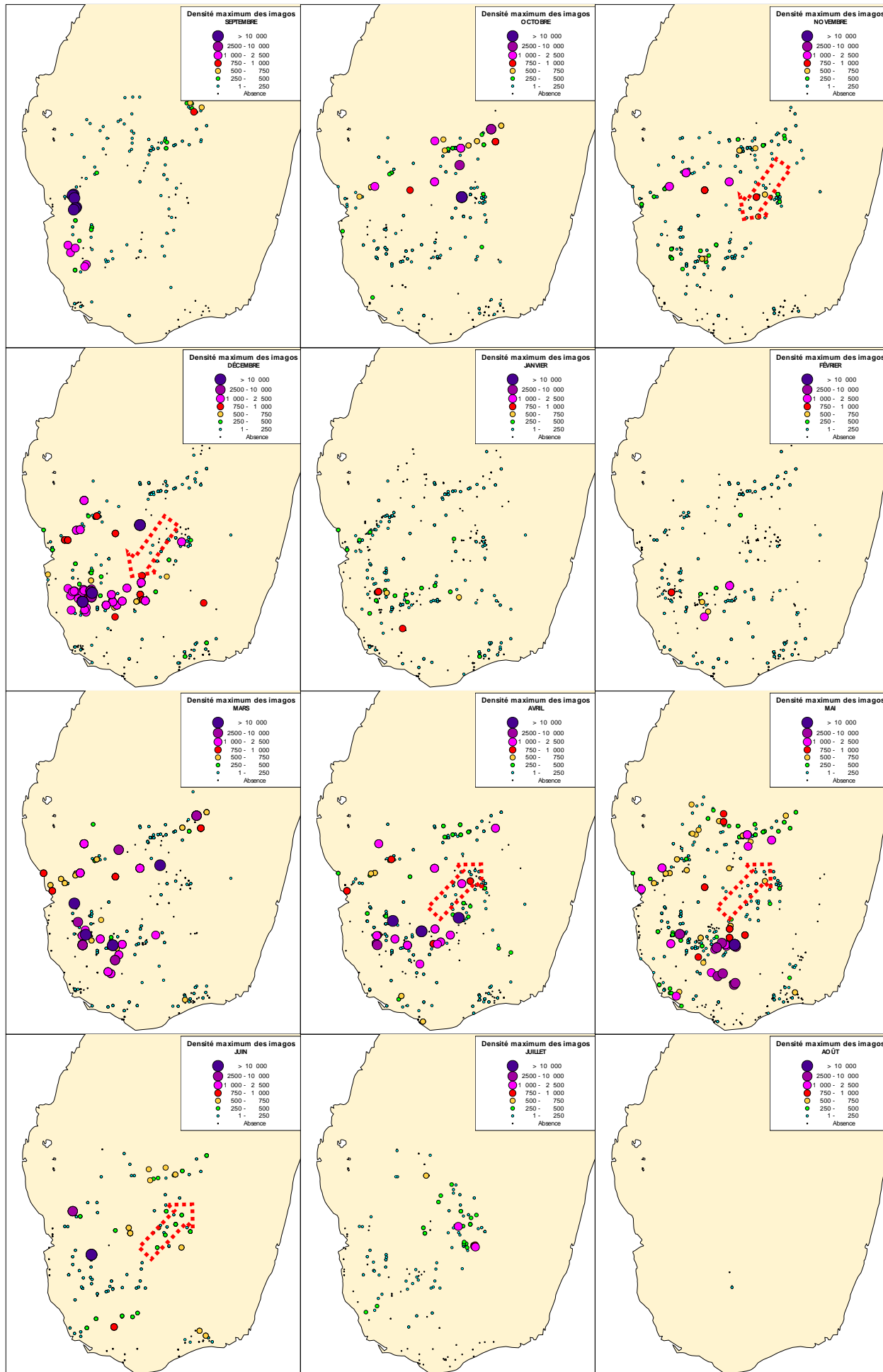
Densités maximales observées pour chaque station sur la période 2001-2007.

NB. Les flèches rouges soulignent les mouvements saisonniers de migration des imagos tels que supposés d'après le déplacement des barycentres de répartition.

LARVES



IMAGOS



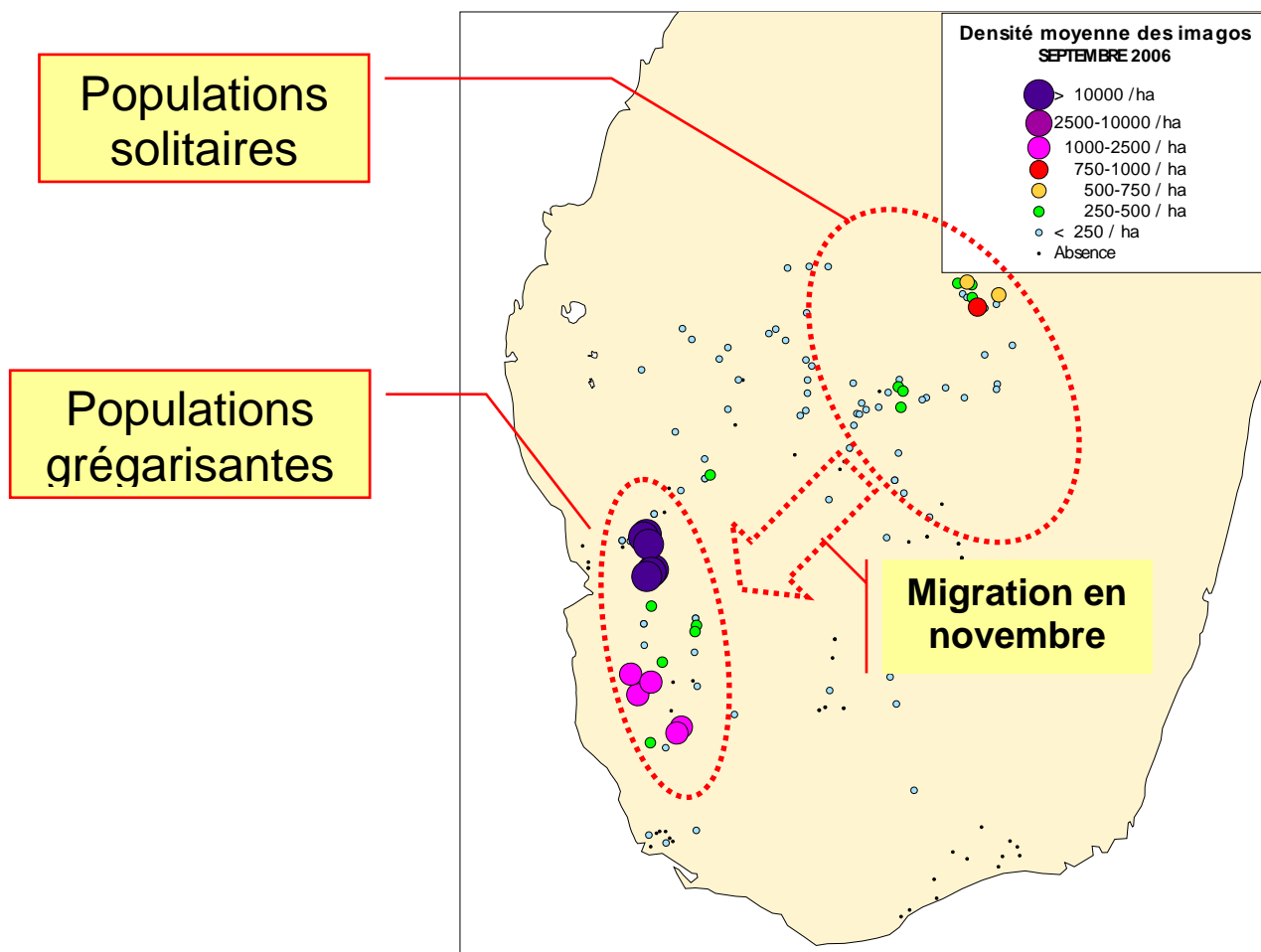


Figure 53. Interprétation de la situation du criquet nomade en septembre 2006.

La persistance, en saison sèche, de populations imaginaires en fortes densités (vols clairs et essaims) du plateau de Belomotra au plateau Mahafaly est très certainement le résultat du changement phasaire observé chez ces populations. Les individus transiens et surtout grégaires, aux exigences écologiques moins strictes que celles des solitaires, n'éprouvent sans doute pas le besoin de migrer vers les zones refuge de saison sèche à partir d'avril. Ceci expliquerait le maintien de populations de criquets nomade en densité élevée dans des zones qui sont habituellement désertées par les solitaires en saison sèche. Il est probable que ces populations grégairisantes, bénéficiant de températures plus élevées que dans les zones refuge plus hautes et plus froides, nomadisent au gré des vents pendant toute la saison sèche. En début de saison des pluies (à partir de novembre), ces populations grégairisantes sont renforcées par les populations solitaires ayant passé la saison sèche dans les zones refuge et migrant vers le sud-ouest pour venir terminer leur maturation sexuelle et pondre dans la zone de reproduction.

Sur la figure ci-dessus, la zone de populations grégairisantes délimitée par le pointillé rouge correspond sensiblement aux limites de l'aire de grégairisation du criquet nomade, celle renfermant les biotopes où l'espèce se reproduit et où a lieu effectivement la grégairisation (foyers de grégairisation). L'aire grégairigène, quant à elle, inclut à la fois cette zone de foyers de grégairisation ainsi que les aires refuge de saison sèche, la dynamique de l'espèce reposant obligatoirement sur la complémentarité saisonnière entre ces deux zones. Voir plus loin pour une délimitation plus précise de cette zone.

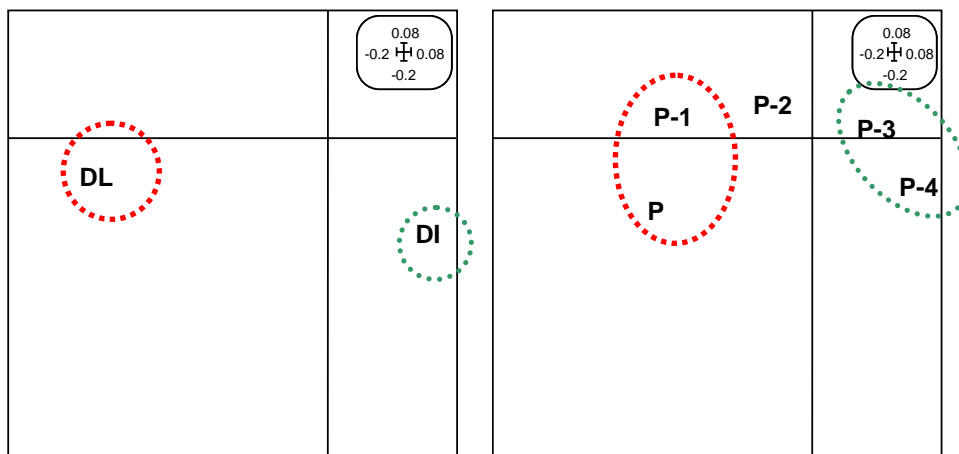


Figure 54. Résultat de l'analyse de co-inertie sur le tableau de données [prospection x variables (criquets+pluies)] : représentation des variables sur le plan défini par les deux premiers axes factoriels.

Les densités de larves et d'imagos sont figurées à gauche et la pluviométrie à droite. Ces deux plans factoriels ont été créés par l'analyse de co-inertie et peuvent donc être lus simultanément. La variable DL dont la valeur factorielle négative sur F1 est la plus élevée est fortement associée aux variables P et P-1 (pluviométrie du mois en cours et du mois antérieur) qui sont dans la même situation sur le plan factoriel de la répartition des pluies. C'est un peu le cas de DI avec P-4 et P-3, mais comme leurs valeurs factorielles positives sont faibles, cette relation est très minime comparée à celle qui concerne DL. DL est donc très faiblement négativement associé à P-3 et P-4, alors que DI est plus fortement négativement associé à P et P-1.

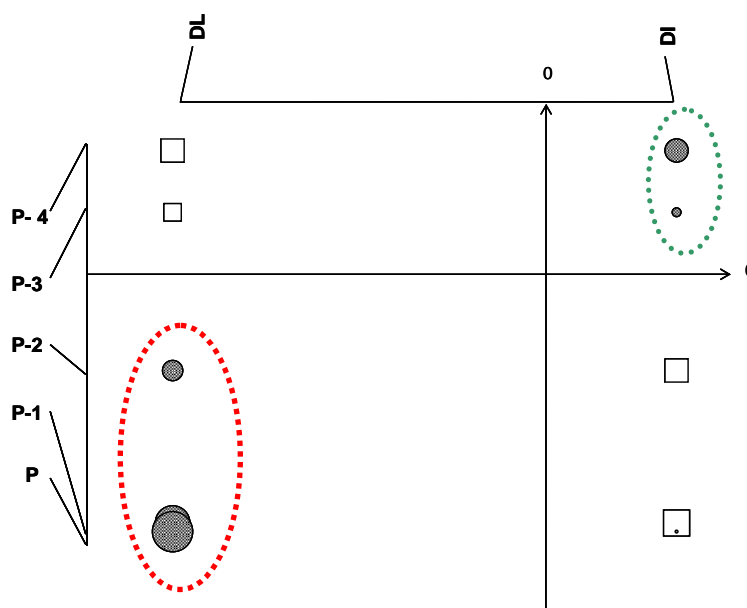


Figure 55. Résultat de l'analyse de co-inertie sur le tableau de données [prospection x variables (criquets + pluies)] : représentation des corrélations entre les variables.

Ce graphique reprend les données de la figure précédente, mais il s'agit ici d'une représentation des corrélations entre les variables. Le cercle représente une corrélation positive et le carré une corrélation négative. La taille du symbole est proportionnelle à la valeur absolue de la corrélation. On voit que DL est très positivement corrélé à P et P-1 alors que DI l'est moins avec P-4 et P-3.

Les corrélations sont ici positionnées selon la valeur factorielle F1 des variables dans chacun des 2 plans factoriel exposés précédemment. DI est aussi très négativement corrélé à P-1 et P-2, mais pas à P. P-2 est cependant moins important parce qu'il a une valeur factorielle plus faible.

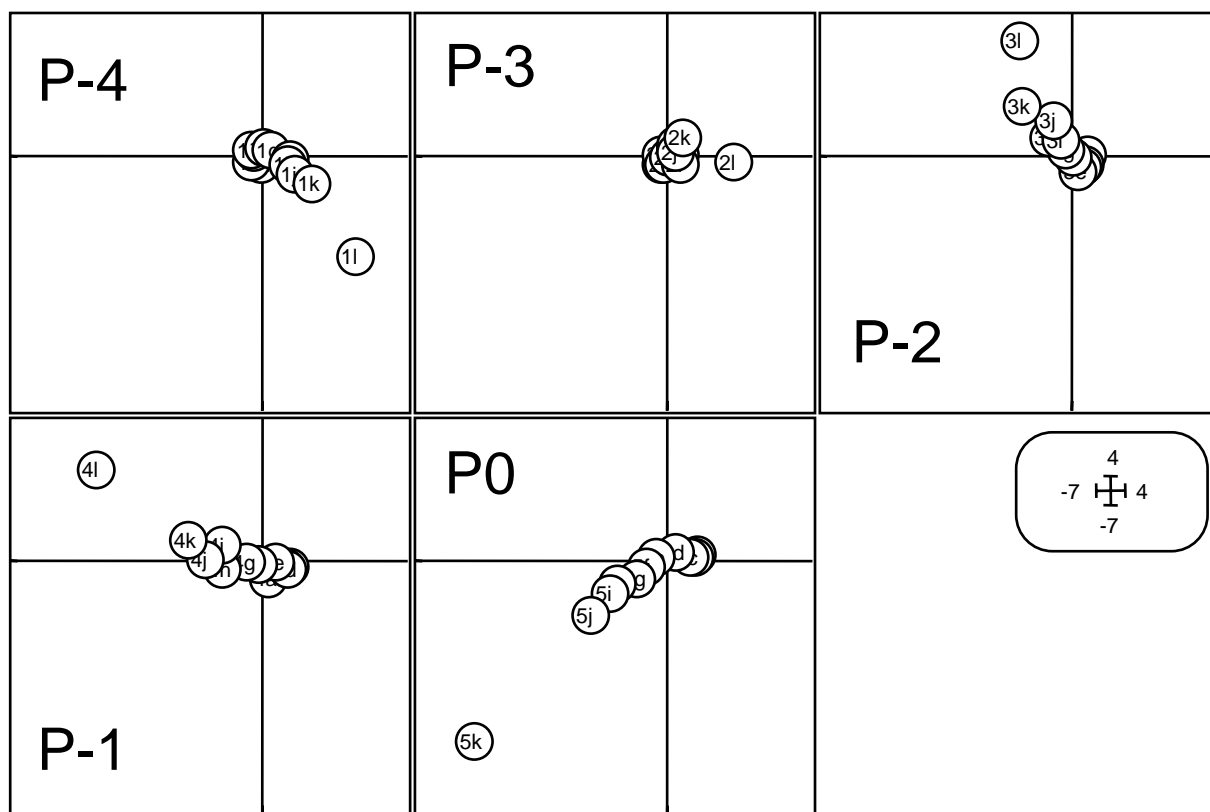


Figure 56. Résultat de l'analyse de co-inertie sur le tableau de données [prospection x variables (criquets DL et DI + pluies en 12 classes d'intensité successivement pour P0, P-1, P-2, P-3 et P-4)] : représentation des variables pluies sur le plan défini par les deux premiers axes factoriels pour les mois P0 à P-4.

Cette figure est identique à la figure 54 qui peut servir de référence pour placer DL et DI. Pour chaque période de pluie (de P0 à P-4) sont représentées les différentes classes de pluies. Il y en a 12 par période (tableau ci-dessous) sauf pour P0 qui n'a pas la classe la plus faible.

Classes	Pluviométrie (mm)
a	< 0,1
b	0,1 - 5
c	5 - 10
d	10 - 20
e	20 - 50
f	50 - 100
g	100 - 150
h	150 - 200
i	200 - 250
j	250 - 300
k	300 - 400
l	> 400

La densité de larves, DL, est associée aux classes les plus fortes de P0 et P-1, mais moins pour la plus forte qui est également très corrélée à l'axe 2 F2 (5K et 4L). Autrement dit quand il y a trop d'eau (> 300 mm), les conditions semblent moins favorables aux larves (DL).

La densité imaginale, DI, suit une tendance inverse, mais moins nettement car elle est moins fortement corrélée à l'axe 1 F1. DI est aussi plutôt favorisée par des pluies élevées à P-4, mais est plutôt défavorisée par des pluies fortes à P. Globalement, la corrélation entre DI et les pluies est moins forte qu'entre DL et la pluviométrie.

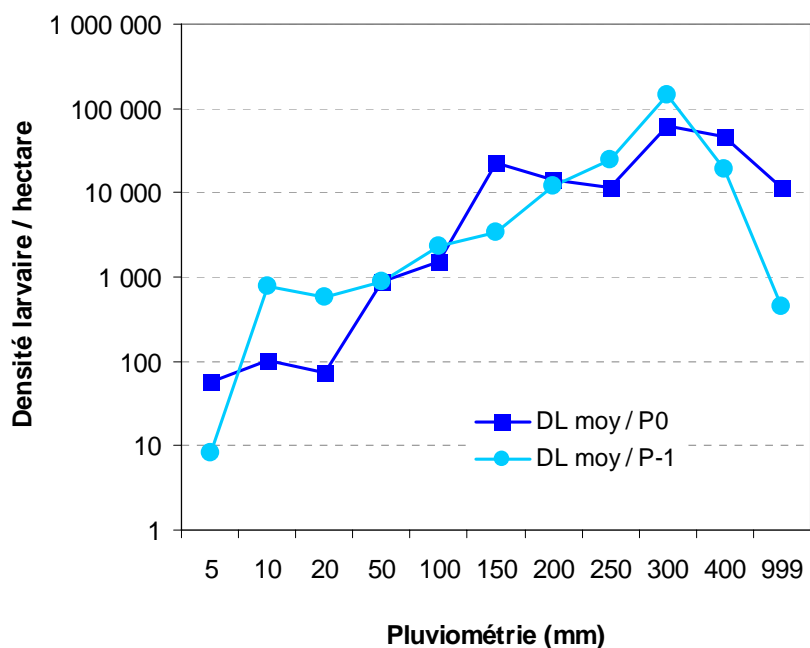


Figure 57. Densité larvaire moyenne en fonction de la pluviométrie du mois en cours (P0) et du mois précédent (P-1).

5 : <5mm ; 10 : 5-10mm ; 20 : 10-20mm ; 50 : 20-50mm ; 100 : 50-100mm ; 150 : 100-150mm ; 200 : 150-200mm ; 250 : 200-250mm ; 300 : 250-300mm ; 400 : 300-400mm ; 999 : > 400mm.

On note une nette corrélation positive entre pluies à P0 et P-1 et densité larvaire entre 0 et 300mm par mois. Par contre, les pluviométries trop fortes semblent défavorables.

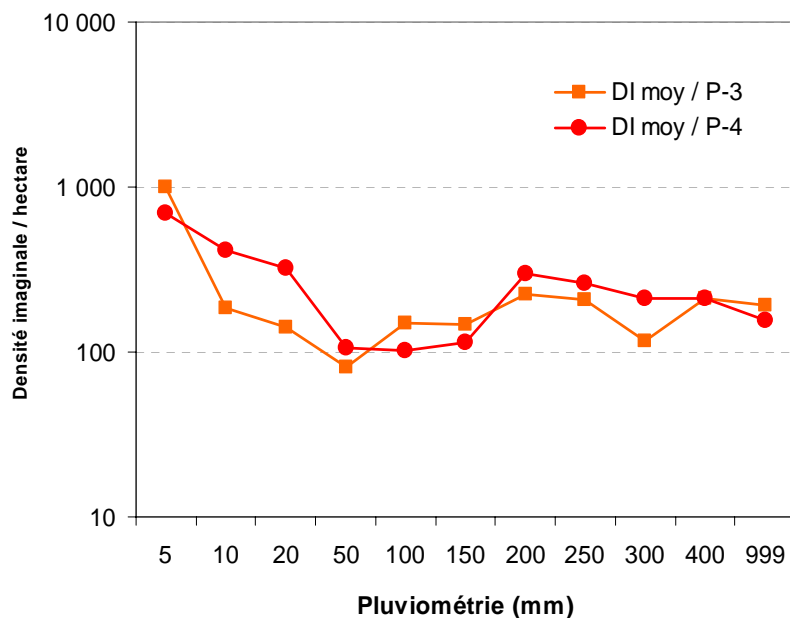


Figure 58. Densité imaginale moyenne en fonction de la pluviométrie des mois P-3 et P-4.

5 : <5mm ; 10 : 5-10mm ; 20 : 10-20mm ; 50 : 20-50mm ; 100 : 50-100mm ; 150 : 100-150mm ; 200 : 150-200mm ; 250 : 200-250mm ; 300 : 250-300mm ; 400 : 300-400mm ; 999 : > 400mm.

On note deux pics de densité : l'un pour les pluviométries faibles, l'autre pour les pluviométries fortes. Les fortes densités imaginale associées à des pluviométries faibles doivent correspondre au regroupement d'imagos en début de saison des pluies (et donc précédés de mois secs). Les densités imaginale fortes associées à des pluies supérieures à 150 mm à P-3 et P-4 doivent correspondre aux jeunes imagos de la nouvelle génération apparaissant en mars/avril, et dont l'abondance semble donc liée à la pluie de novembre, décembre et janvier.

3.2.2. Le cycle biologique du criquet nomade dans diverses localités du sud malgache

L'objectif de l'étude était d'établir le cycle biologique du criquet nomade dans différentes zones du sud malgache en s'appuyant sur les données d'archives du CNA entre 2000 et 2007, afin en particulier d'en déduire des informations sur les grandes zones de reproduction, les taux de multiplications et les migrations.

3.2.2.1. Méthode et données analysées

Des graphiques de dynamique des populations ont été établis afin de suivre, station par station, l'évolution dans le temps des densités de larves et d'imagos ainsi que l'évolution de la structure des populations larvaires.

Ces graphiques ont été établis pour chacun des sites prospectés intensément par le CNA (plus de 10 fois par saison). Les sites prospectés épisodiquement (stations dites « extensives ») n'ont naturellement pas été retenus.

Seules ont été analysées les saisons 2004-2005 et 2005-2006 pour lesquelles les données étaient les plus nombreuses et les plus consistantes. Les saisons antérieures n'ont pas été retenues pour cette analyse, les données étant soit trop peu nombreuses, soit trop peu fiables. La saison 2003-2004 aurait sans doute pu être analysée mais ne l'a pas été faute de temps. La saison 2006-2007 pour laquelle de nombreuses prospections avaient été effectuées n'a pu être analysée, les prospections étant mal réparties dans le temps (nombreux manques de données en saison des pluies, en particulier).

Pour chacune des stations étudiées on a :

- considéré l'évolution des densités de larves et d'imagos (axe chronologique du 1/9 au 31/8 de chaque saison) ;
- considéré l'évolution de la structure des populations (larves L1 à L6 et imagos) ;
- décrit les principaux événements de la dynamique locale des populations et déterminé le type de cycle biologique.

A partir de la description du cycle du criquet nomade sur les diverses stations, une typologie des stations a été dressée. Les divers types de cycles ont été cartographiés et une zonation du sud-ouest selon le cycle du *Nomadacris* a été établie et confrontée avec les informations antérieures.

3.2.2.2. Résultats

3.2.2.2.1. Les types de cycles biologiques du criquet nomade

Nous donnerons ici quelques exemples des principaux types de cycles biologiques observés. L'intégralité des données sur les cycles biologiques analysés se trouve en annexe qui comporte une description détaillée du cycle du criquet nomade sur un total de 85 localités, 60 ayant été analysées pour la saison 2004-2005 et 68 pour la saison 2005-2006, soit un total de 128 cycles annuels analysés.

Au vu des graphiques de dynamique des populations, les stations peuvent être regroupées en 3 grands types de cycle biologique selon la présence saisonnière des imagos et des larves.

Cycle de type 1 : absence de criquets ou imagos en faible densité en saison des pluies

Les caractéristiques générales sont les suivantes (figure 59):

- Absence de larves durant la saison des pluies
- Densité imaginale inférieure à 100/ha (nulle sur certaines stations)
- Absence d'imagos en saison sèche

Plusieurs cas peuvent se présenter (voir le détail en annexe) :

- Le criquet nomade est totalement absent sur : Sarihangy, Behoake, Ianademby, Ambonaivo, Lavanono, Miary, Andranomena, Ankilibe en 2005-2006. Beloha, Nandehoa en 2004-2005
- Sur les autres sites, les imagos sont notés à différents moments de la saison des pluies :
 - Parfois avec deux pics de densité, l'un au cœur de la saison des pluies (12 à 3), l'autre en début de saison sèche (4-5). C'est le cas de Ambazoa, Ampamolora en 2005-2005. En 2004-2005 : Andranomena, Ankilibe (Toliary)
 - Pour d'autres sites, un seul pic est observé, centré sur janvier, février et mars. C'est le cas en 2005-2006 pour Anarafaly, Ikopoky, Anjedava, Tranovaho, Saromilitsy (?) et en 2004-2005 de Miary.
 - Dans certains cas, des criquets nomades sont observés de manière assez aléatoire de décembre à juin : Ankitry, Ankirikiriky, Antsakoamilika en 2005-2006 par exemple.
 - Enfin, pour une station – Ambazoa en 2005-2006 – un léger pic de densité imaginale est observé en début de saison sèche, début mai.

Cycle de type 2 : imagos en début et fin de saison des pluies et larves en pleine saison des pluies

Ce type de cycle est observé sur une assez grande partie des zones de Edjeda, Betioky-Sud, Sakaraha (figure 60).

Dans cette région on observe en général :

- une absence d'imagos en fin de saison sèche
- des arrivées d'imagos en début de saison des pluies (pic d'imagos en novembre et décembre ; densité pouvant dépasser 1000/ha)
- des larves en saison des pluies, de janvier à début avril
- un deuxième pic d'imagos de la nouvelle génération en fin de saison des pluies (avril-mai)
- une disparition (ou quasi disparition) des imagos en saison sèche.

Pour certaines stations, les densités larvaires sont importantes et l'ensemble du développement larvaire est bien suivi. C'est le cas de : Emiro, Ankazomanga, Andremba, Besatra, Besakoa, Toetromby (?), Mahabo, Bemita, Ankiliarivo, Andriabe, Bevato, Vorondreo Vaovao. Sauf sur Emiro, la densité d'imagos de début de saison sèche est assez importante. La station de Belegnalegna (Betroka) appartient également à cette catégorie.

En 2004-2005 on trouve dans cette catégorie Vorondreo Vaovao, Antsakoamileka, Antoby (Beahitse), Masiakampy, Nord Beomby, Besakoa, Ilempo, Nord Ambahita, Sakanay, Emiro, Ivovo...

Pour d'autres stations, les densités de jeunes larves sont importantes, mais le développement larvaire n'est pas suivi jusqu'à la fin. Il semble y avoir eu une mortalité importante et la densité d'imagos de début de saison sèche est faible. C'est le cas sur : Tsiambava, Vohitany Betanimena, Fotadrevo TA, Besakoa en 2005-2006. Et en 2004-2005 de Belafika Haut, Santa en particulier.

Sur Antsakoandahy, Ambinjo et Antoby, en 2005-2006, seuls les premiers stades larvaires sont observés. La densité de jeunes imagos est cependant non négligeable (200-300/ha), fait résultant sans doute d'apports d'individus allochtones provenant de zones voisines où les conditions étaient meilleures.

Pour certaines stations, les conditions ont dû être très défavorables et aucune larve n'a été observée : Sakanay, Belafika Haut, Balambo Ambony, Anamonty, Masiakampy, Itomboina en 2005-2006.

Pour les stations suivantes : Ilempo, Ivovo, Santa, Antoby, Ankilirano, en 2005-2006, aucune larve n'a été observée mais il est probable que cela soit le résultat d'une absence de prospection. Par

contre, sur ces 4 stations on observe bien les arrivées d'imagos allochtones de début de saison des pluies et le pic de jeunes imagos autochtones de début de saison sèche.

NB. En 2005-2006, aucune larve n'a été signalée par le chef PA sur les stations intensives de la zone de Beahitse : Ilempo, Ivovo, Santa, Ankalirano. Dans le même temps, des densités très importantes de larves étaient notées sur presque toutes les stations extensives prospectées par le chef ZA : Ambatomainy, Satrapaly, Marofotse, Beomby Centre, Ampamata, Lakany, Zambondro, Andrakiry, Maroakanga, Agnena, Ampefy, Sorongaza. Il semble impossible qu'aucune larve ne soit présente pendant toute la saison des pluies sur les 4 stations intensives, alors même que des densités importantes ont été observées partout au voisinage et que des traitements insecticides ont dû être effectués en fin de saison.

Cycle de type 3 : imagos uniquement en saison sèche et absence de larves

Ce type de cycle se caractérise par les points suivants (figure 61):

- une absence de larves en saison des pluies (parfois quelques larves en faible densité)
- des imagos en saison sèche
- une disparition des imagos tôt en début de saison des pluies (mi-novembre / début décembre)
- une réapparition des imagos (allochtones donc) en avril.

Deux groupes de stations peuvent être distingués :

Tout d'abord, celles avec une absence totale de larves. C'est le cas, en 2005-2006, de Ankatrakatraka, Sakamany, Andriamanero, Belegnalegna (Ranohira), Satrokala, Mahabo, Angebolava, où la densité de la génération fille est supérieure à celle de la génération parentale ; et de Mitsinjo, Mangona, Vatovaky, Marofivango, Morahariva, Belinta, où la densité de la génération fille est inférieure à celle de la génération parentale. Absence totale de larves en 2004-2005 pour Sakamany, Satrokala, Andriamanero, Mitsinjo (Ranohira), Belegnalegna (Ranohira), Ankatsaka, Analamary, Belegnalegna (Betroka), Sahey, Ankazotelo 2, Morahariva, Bepeha, Belinta, Ankomanga, Vohitelo...

Ensuite, les stations avec quelques larves observées en saison des pluies ; seules les jeunes larves sont notées et le développement larvaire est sans doute un échec. Les imagos apparaissant en avril sont de toute évidence d'origine allochtone. On trouve ici en 2005-2006 : Andranomasy, Ankifio, Ankomanga et Analamary. En 2004-2005 : Andranomasy, Mahabo, Ankifio, Vatovaky, Marofivango, Mangona...

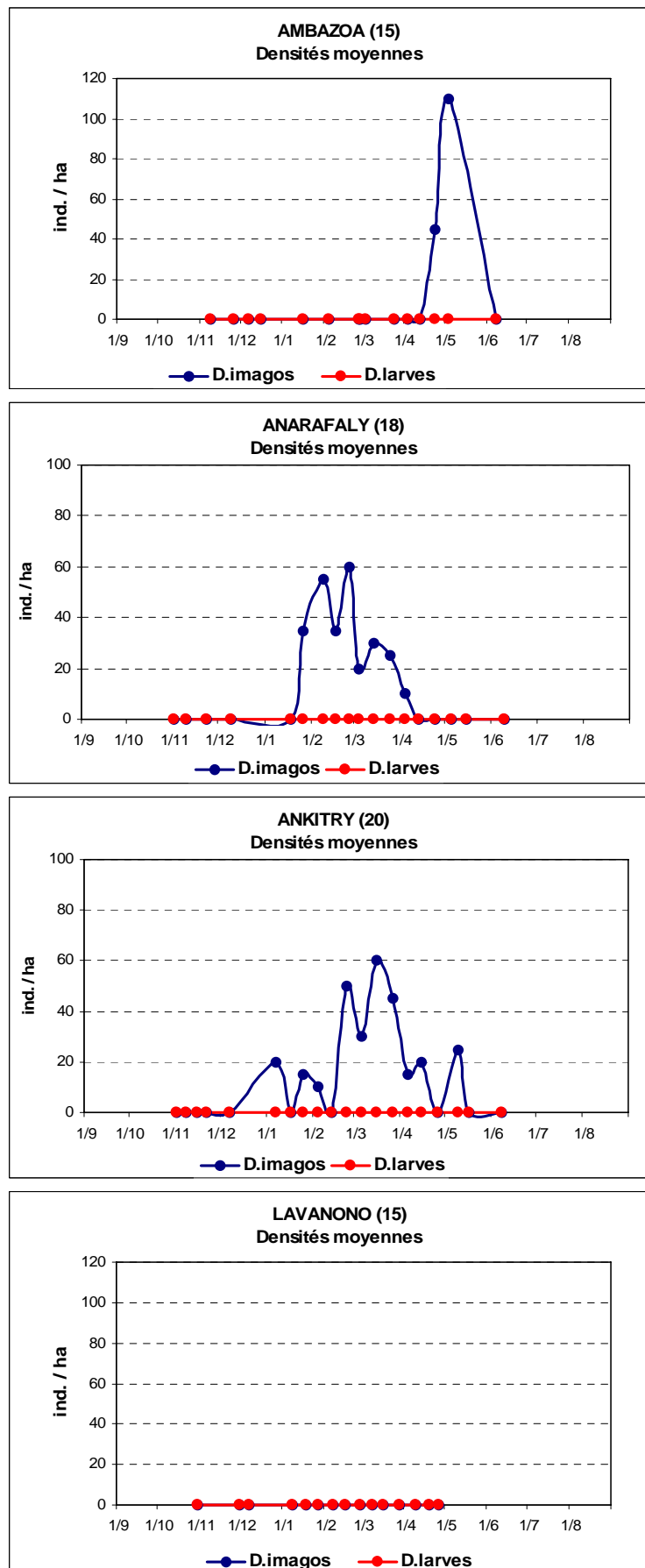
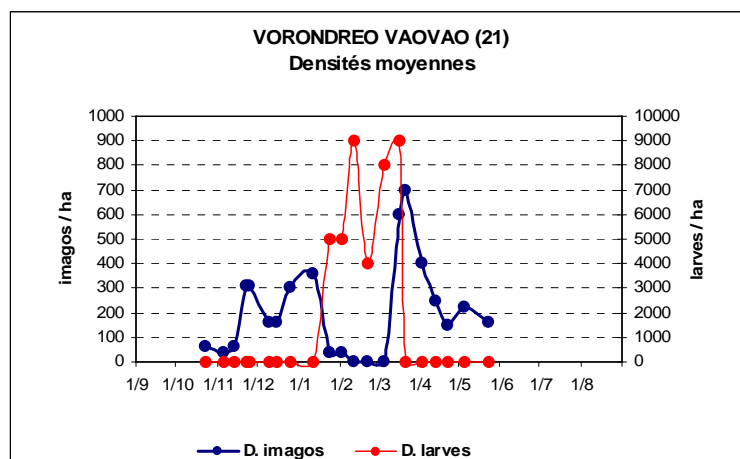
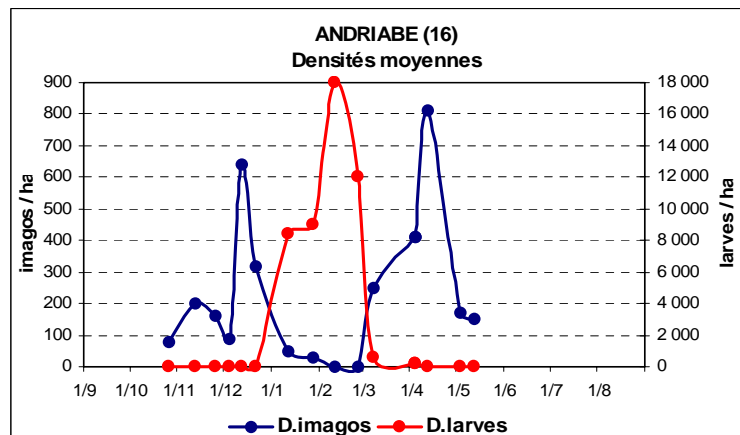
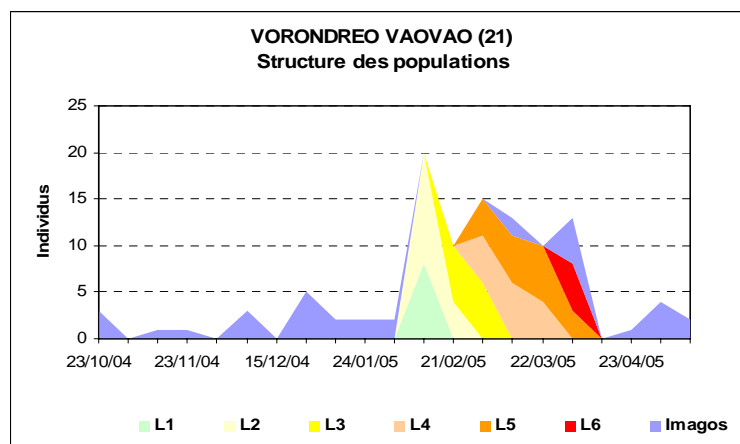


Figure 59. Exemple de dynamique des populations sur quelques stations de l'aire limite sud (type 1).

NB. Aucune larve n'a été observée sur ces stations. Sur Lavanono, le criquet nomade était complètement absent.



Vorondreo
Vaovao



Andriabe

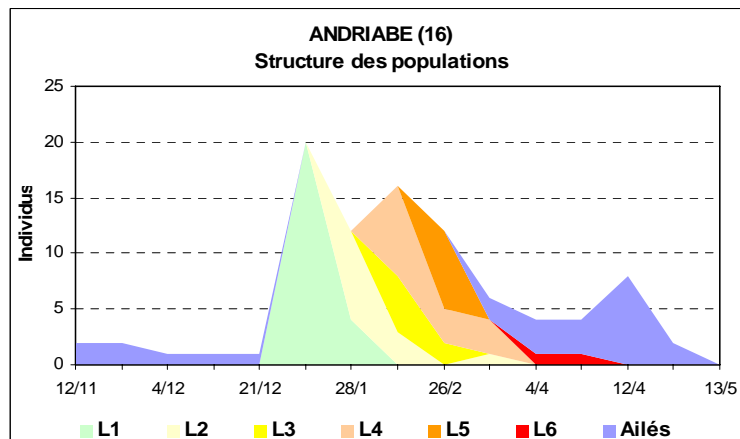


Figure 60. Exemple de dynamique sur quelques stations des aires de reproduction (type 2).

NB. Pour chaque station, en haut évolution des densités de larves et d'imagos, en bas évolution de la structure des populations (larves L1 à L6 et imagos).

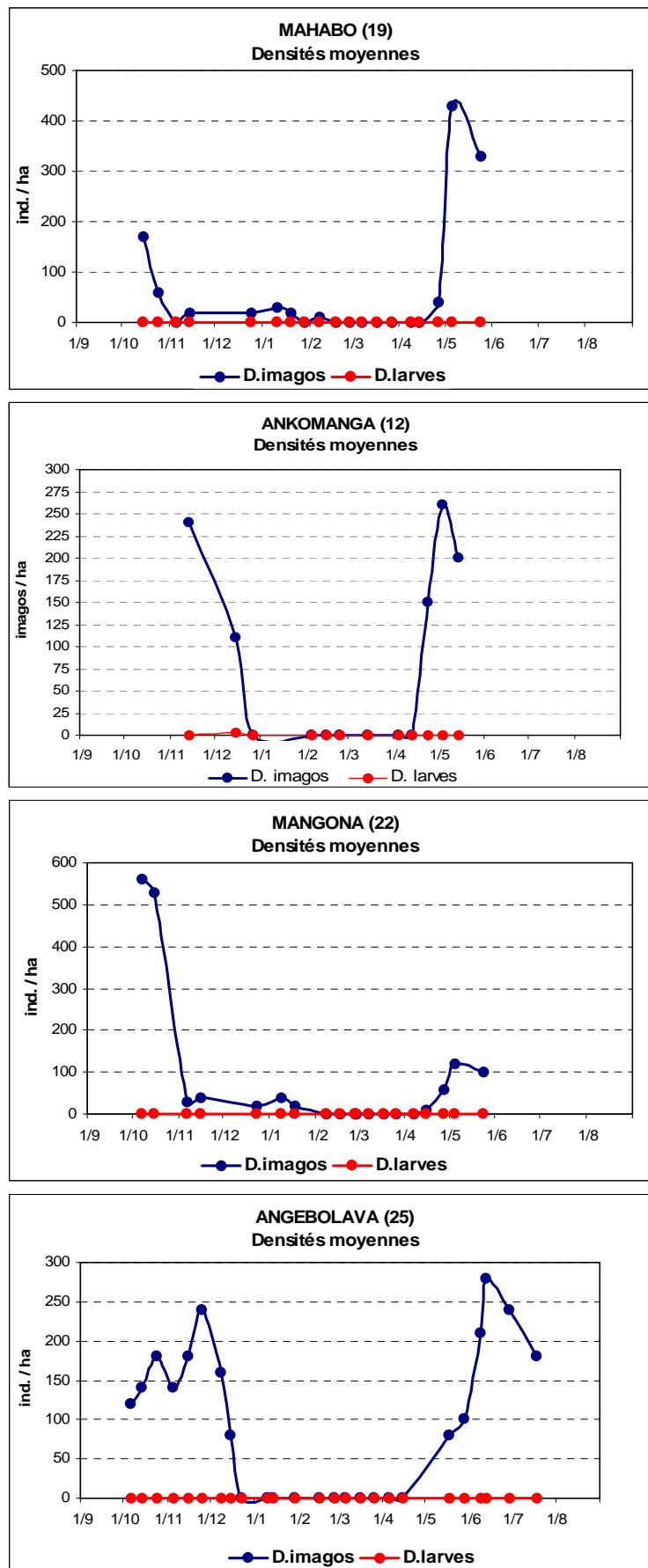


Figure 61. Exemple de dynamique des populations sur quelques stations des aires refuge de saison sèche (type 3).

NB. Aucune larve n'a été observée sur ces stations.

3.2.2.2.2. La régionalisation du sud malgache en fonction des types de cycles biologiques du criquet nomade

L'analyse détaillée du cycle biologique du criquet nomade en diverses localités du sud a montré que ces cycles peuvent être regroupés en trois grandes catégories :

- absence de criquets ou imagos en faible densité en saison des pluies
- imagos en début et fin de saison des pluies et larves en pleine saison des pluies
- imagos uniquement en saison sèche et absence de larves.

Le tableau 16 donne une synthèse des types de cycles biologiques sur les diverses stations analysées, à partir des données des deux saisons 2004-2005 et 2005-2006.

La cartographie de ces résultats montre que ces trois types de cycles ne sont pas distribués au hasard mais s'organisent géographiquement en trois régions bien distinctes. En fonction du type de cycle observé sur chaque station, plusieurs zones ont été distinguées :

S Zone refuge de saison sèche : les imagos sont présents en saison sèche uniquement. On note des départs généralement très précoces en tout début de saison des pluies et des arrivées tardives d'imagos en début de saison sèche. Aucune larve n'est en général observée. Dans quelques cas des larves sont notées, essentiellement de jeunes larves ; la mortalité semble importante et ces larves ne semblent pas donner d'imagos autochtones.

R Zones de reproduction de saison des pluies: imagos généralement absents en saison sèche, arrivées d'imagos en début de saison des pluies, reproduction locale avec des larves observées en moyenne de janvier à mars, jeunes imagos autochtones en mars et avril et départ de cette population locale en mai. L'abondance des larves est variable d'une année à l'autre en fonction des conditions écologiques locales.

L Zone limite de l'extrême sud et sud-ouest. Généralement aucune larve n'y est observée. L'espèce peut être complètement absente. Quelques imagos peuvent coloniser cette zone de manière erratique en début de saison des pluies, voire en début de saison sèche. A la faveur de pluies particulièrement abondantes, une petite reproduction locale est parfois observée.

Des situations intermédiaires existent naturellement entre ces trois catégories. Par ailleurs, les limites des zones peuvent varier quelque peu d'une année à l'autre en fonction des conditions pluviométriques. Telle station située une année en zone limite sud peut une autre année très humide se voir classer en zone de reproduction. Telle station située en zone refuge de saison sèche peut une autre année moins humide se voir classée en zone de reproduction.

Les types de cycles observés en 2004-2005 et 2005-2006 sont cartographiés dans la figure 62.

Une synthèse pour les deux saisons étudiées est figurée dans le tableau 16 et la figure 63. Sur cette figure, la régionalisation effectuée (S / R / L) tient compte des résultats actuels tirés de l'analyse des données d'archives récentes du CNA ainsi que des résultats antérieurs (Lecoq et al. 2006) résultant de l'analyse des anciennes archives du Centre antiacridien de Betioky, et enfin des résultats des enquêtes en milieu paysan réalisées dans tout l'extrême sud (voir chapitre « Enquêtes » ainsi que Lecoq et al., 2006 et Indriambelo, 2007). Les résultats de ces enquêtes ont, en particulier, permis d'affiner les limites de zones dans la région du cirque Manambien et du nord de l'Androy pour lesquelles aucune donnée du CNA n'a pu être exploitée.

Ces trois types de cycles sont bien évidemment complémentaires et le résultat de migrations saisonnières entre les aires refuge de saison sèche et les zones de reproduction. Les zones refuges de saison sèche se vident en début de saison des pluies au moment où l'on observe les arrivées d'imagos allochtones dans les aires de reproduction. Inversement les imagos disparaissent des aires de reproduction en début de saison sèche au moment où l'on observe une augmentation des densités imaginaires par apport d'immigrants dans les aires refuges de saison sèche. La zone limite sud n'est fréquentée que par des imagos âgés en début de saison des pluies mais la reproduction est généralement nulle dans cette région sans doute trop sèche. Quelques jeunes imagos de la génération fille, certainement issus de la zone de reproduction voisine, peuvent également être notés temporairement en début de saison sèche avant qu'ils ne migrent vers le nord.

La relation entre la distribution sur le sud des types de cycles observés, d'une part, et la pluviométrie moyenne annuelle d'autre part montre que (voir figure 63) :

- la zone limite - L - coïncide sensiblement avec la région recevant moins de 400mm d'eau par an ;
- la zone de reproduction - R - se situe dans les régions recevant entre 400 et 800 mm d'eau par an
- la zone refuge de saison sèche - S - se situe dans les régions recevant plus de 800mm d'eau par an.

On remarquera que toute la frange sud-ouest de la zone de reproduction a été affectée au cours des 20 dernières années, par une déforestation intensive ayant sans doute contribué à créer de nouveaux biotopes favorables au criquet nomade. Sur la figure 64, les zones en vert correspondent à l'état du couvert ligneux en 2005 et les zones en rouge et orange représentent les régions de déboisement récent (orange : zone déboisées entre 1990 et 2000 ; rouge zones déboisées entre 2000 et 2005). De nouveaux biotopes favorables ont sans doute été ouverts tout spécialement sur le plateau de Belomotra et le plateau Mahafaly. Cela pourrait en partie - avec des conditions pluviométriques propices - expliquer la recrudescence de la situation acridienne au cours des dernières années, le déboisement ayant pu contribuer à augmenter la probabilité de grégation en créant des milieux ouverts mais circonscrits dans l'espace.

Enfin, on constate (figure 65) que les très fortes pullulations larvaires (figure 65 à droite : densité de larve > 100000/m²) sont essentiellement localisées sur la frange ouest de l'aire de reproduction, alors que les pullulations moins importantes (figure 65 à gauche : densité de larves comprises entre 5000 et 100000/m²) sont largement distribuées au sein de cette zone. Une carte géologique (figure 66) révèle que la zone des fortes pullulations est également celle correspondant aux zones de calcaires tertiaires – et à des sols plus lourds – alors que toutes les autres régions aux sols sableux sont beaucoup moins favorables.

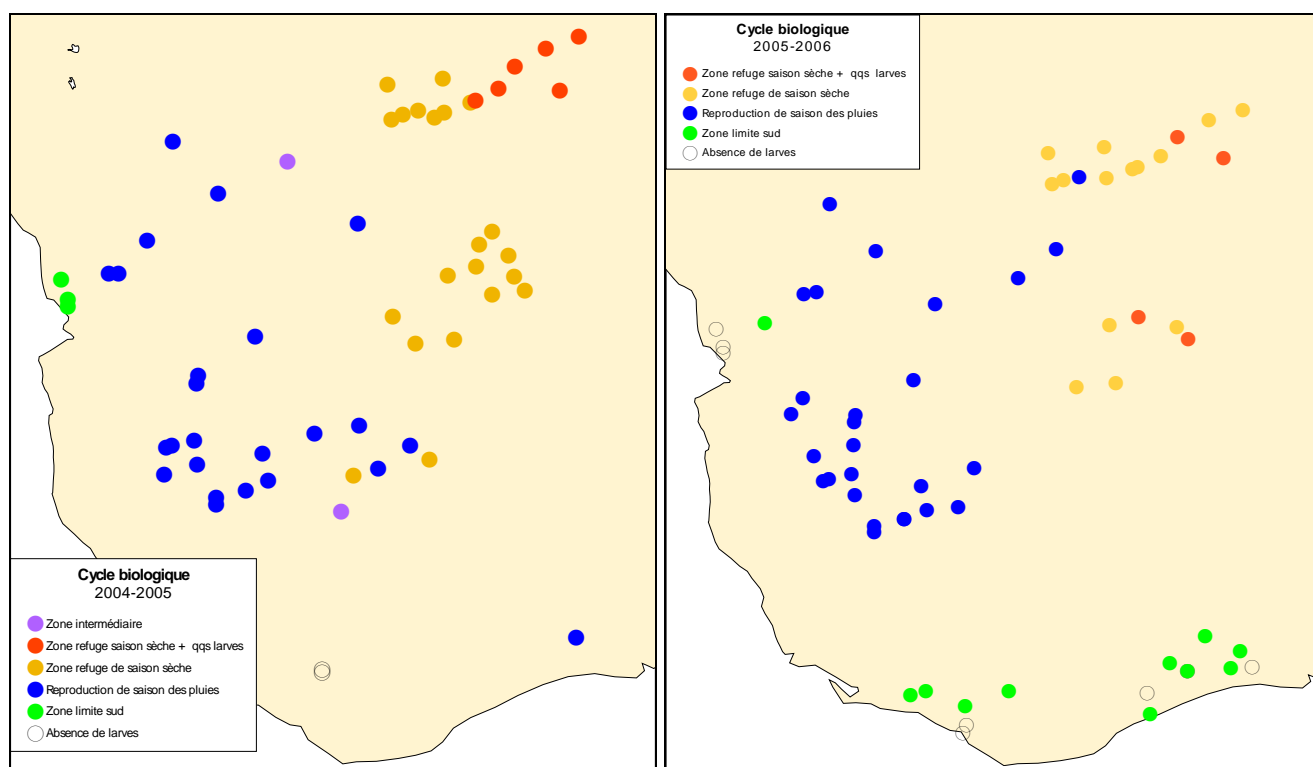


Figure 62. Cartographie des types de cycles biologiques du criquet nomade observés dans le sud malgache en 2004-2005 et 2005-2006.

NB. On a distingué les types de cycles caractéristiques des zones suivantes :

- zone intermédiaire (violet)
- zone refuge de saison sèche avec présence de quelques larves mais sans descendance locale (rouge)
- zone refuge de saison sèche (jaune)
- zone de reproduction en saison des pluies (bleu)
- zone limite sud (vert)
- absence totale de l'espèce (blanc)

Poste	Station	Latitude	Longitude	Cycle
Betioky	Itomboina	-23,8703	44,0954	?
Ejeda	Anamonty	-24,2919	44,7046	?
Beahitse	Ankalirano	-24,2478	44,2644	?
Beloha	Beloha TA	-25,1517	45,0662	LIM
Beloha	Nandehoa	-25,1680	45,0662	LIM
Toliary	Andranomena (Tol)	-23,3914	43,7451	LIM
Toliary	Miary	-23,2975	43,7095	LIM
Toliary	Ankilibe (Tol)	-23,4250	43,7445	LIM
Ambovombe	Ambonaivo	-25,2196	45,9104	LIM
Amboasary	Behoake	-25,0829	46,4466	LIM
Beloha	Ianademby	-25,3890	44,9879	LIM
Beloha	Lavanono	-25,4311	44,9682	LIM
Ambovombe	Sarihangy	-25,1020	46,1168	LIM
Ambovombe	Ambazoa	-25,3292	45,9260	LIM
Ambovombe	Ampamolora	-25,0625	46,0275	LIM
Amboasary	Anarafaly	-24,9188	46,2073	LIM
Beloha	Anjedava	-25,2310	44,7012	LIM
Amboasary	Ankity	-25,0882	46,3385	LIM
Beloha	Ikopoky	-25,2085	45,2052	LIM
Beloha	Saromilitsy	-25,2099	44,7797	LIM
Ambovombe	Soatsifa	-25,1020	46,1168	LIM
Beloha	Tranovaho	-25,2896	44,9810	LIM
Betioky	Besakoa (Btk)	-23,9111	44,4096	RR
Amboasary	Ankikiriky	-24,9994	46,3854	RR
Ejeda	Fotadrevo TA	-24,0305	45,0269	RR
Bekily	Ankilibe (Bkl)	-24,2278	45,2288	RR
Ejeda	Belafika Haut	-24,3010	44,6688	RR
Beahitse	Ilembo	-24,0889	44,2841	RR
Beahitse	Ivovo	-24,1756	44,4172	RR
Ejeda	Sakanay	-24,3363	44,5156	RR
Beahitse	Antoby (Bea)	-24,0988	44,2556	RR
Betioky	Antoby (Btk)	-23,5667	44,7166	RR
Betioky	Antsakoandahy	-23,7542	44,4212	RR
Ejeda	Besakoa (Ejd)	-24,3683	44,5156	RR
Sakaraha	Bevato	-23,0308	45,2514	RR
Beahitse	Sainta	-24,0655	44,4001	RR
Ejeda	Vohitany	-24,1262	44,7562	RR
Sakaraha	Andriabe	-22,8861	44,5244	RR
Betioky	Besatra	-23,7915	44,4132	RR
Ejeda	Emiro	-24,2522	44,7845	RR
Sakaraha	Bemita	-22,6401	44,2896	RR
Bekily	Mitsinjo (Bkl)	-24,0900	45,5230	RR
Bekily	Nord Ambahita	-23,9938	45,2577	RR
Bekily	Tsikolake	-24,1986	45,3567	RR
Toliary	Masiakampy	-23,2707	44,0076	RR
Toliary	Antsakoamileka	-23,2664	43,9564	RR
Toliary	Vorondreo Vaovao	-23,1137	44,1567	RR
Beahitse	Nord Beomby	-24,2270	44,2452	RR
Bekily	Antsakoamasy	-24,3997	45,1644	RR
Sakaraha	Besakoa (Sak)	-22,7373	44,8858	RR
Ejeda	Belambo Ambony	-24,3010	44,6688	RR
Ejeda	Tsiambava	-24,2374	44,9453	RR
Betioky	Ambinjo	-23,7471	44,0927	RR
Betioky	Ankazomanga	-23,6625	44,1519	RR
Betioky	Andremba	-23,9678	44,2080	RR
Sakaraha	Ankiliarivo (Sak)	-22,8747	45,4469	RR
Sakaraha	Mahabo (Sak)	-23,1641	44,8283	RR
Sakaraha	Toetromby	-23,1044	44,2215	RR
Betroka	Belegnalegna (Btr)	-22,4949	45,5642	SS
Ranohira	Andriamanero	-22,3682	45,4059	SS
Betroka	Angebolava	-23,6022	45,5505	SS
Ranohira	Ankazotelo	-22,4545	45,8364	SS
Ranohira	Belegnalegna (Ran)	-22,4984	45,5631	SS
Betroka	Belinta	-23,5831	45,7519	SS
Ranohira	Mitsinjo	-22,5349	45,4265	SS
Betroka	Morahariva	-23,2850	46,0632	SS
Ranohira	Sakamaningy	-22,5119	45,4845	SS
Ranohira	Satrokala	-22,3387	45,6923	SS
Betroka	Ankomanga	-23,3483	46,1197	SS
Betroka	Analamary	-23,2333	45,8666	SS
Ranohira	Ankatsaka	-22,4998	45,7000	SS
Ranohira	Ankazotelo 2	-22,5236	45,6500	SS
Betroka	Benato TA	-23,1321	45,8818	SS
Betroka	Bepeha	-23,0667	45,9500	SS
Bekily	Maroviro	-24,1560	45,6231	SS
Betroka	Saheny	-23,3667	45,9500	SS
Betroka	Sakoamasy	-23,1833	46,0333	SS
Betroka	Vohitelo	-23,4731	45,4333	SS
Ihosi	Mahabo (Ihs)	-22,4435	45,8623	SS
Ihosi	Mangona	-22,3859	45,9820	SS
Ihosi	Marofivango	-22,1959	46,2268	SS
Ihosi	Vatovaky	-22,1412	46,4009	SS
Ihosi	Ankifio	-22,2833	46,0666	SS
Ihosi	Andranomasy	-22,3952	46,3010	SS
Ranohira	Ankatrakatraka	-22,4985	45,7030	SS

Tableau 16. Type de cycle biologique moyen du criquet nomade pour 85 localités du sud malgache.

(synthèse des cycles observés en 2004-2005 et 2005-2006)

LIM aire limite sud

RR aire de reproduction

SS aire refuge de saison sèche

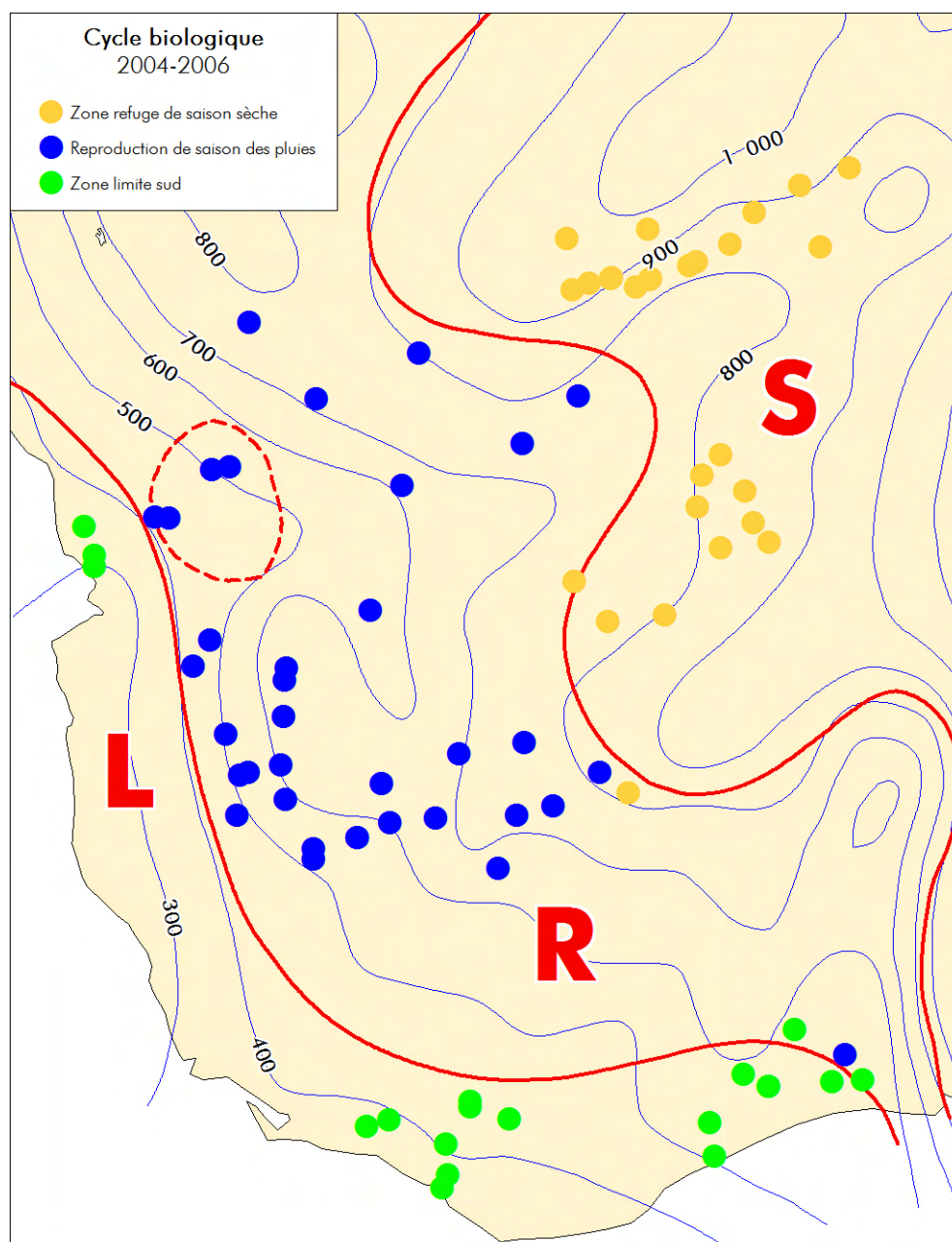


Figure 63. La régionalisation du sud malgache en fonction de l'écologie du criquet nomade.

Cette carte représente une synthèse des données des années 2004-2005 et 2005-2006. Chaque station acridienne, en fonction du type de cycle biologique observé sur ces deux années, a été classée en station de reproduction de saison des pluies, station refuge de saison sèche ou station de la zone limite sud (voir tableau 3). Les limites de zones tiennent également compte des résultats antérieurs (Lecoq et al. 2006 : analyse des anciennes archives du Centre antiacridien de Betioky) ainsi que des résultats des enquêtes en milieu paysans réalisés dans tout l'extrême sud (Lecoq et al., 2006 et Indriambelo 2007).

La relation entre la distribution sur le sud des types de cycles observés d'une part et la pluviométrie moyenne annuelle d'autre part montre que la zone limite (L) coïncide sensiblement avec la région recevant moins de 400mm d'eau par an, la zone de reproduction (R) se situe dans les régions recevant entre 400 et 800 mm d'eau par an et la zone refuge de saison sèche (S) se situe dans les régions recevant plus de 800mm d'eau par an.

La zone limitée par des pointillés correspond à la région du plateau de Belomotra où des populations imaginales souvent importantes peuvent subsister en saison sèche.

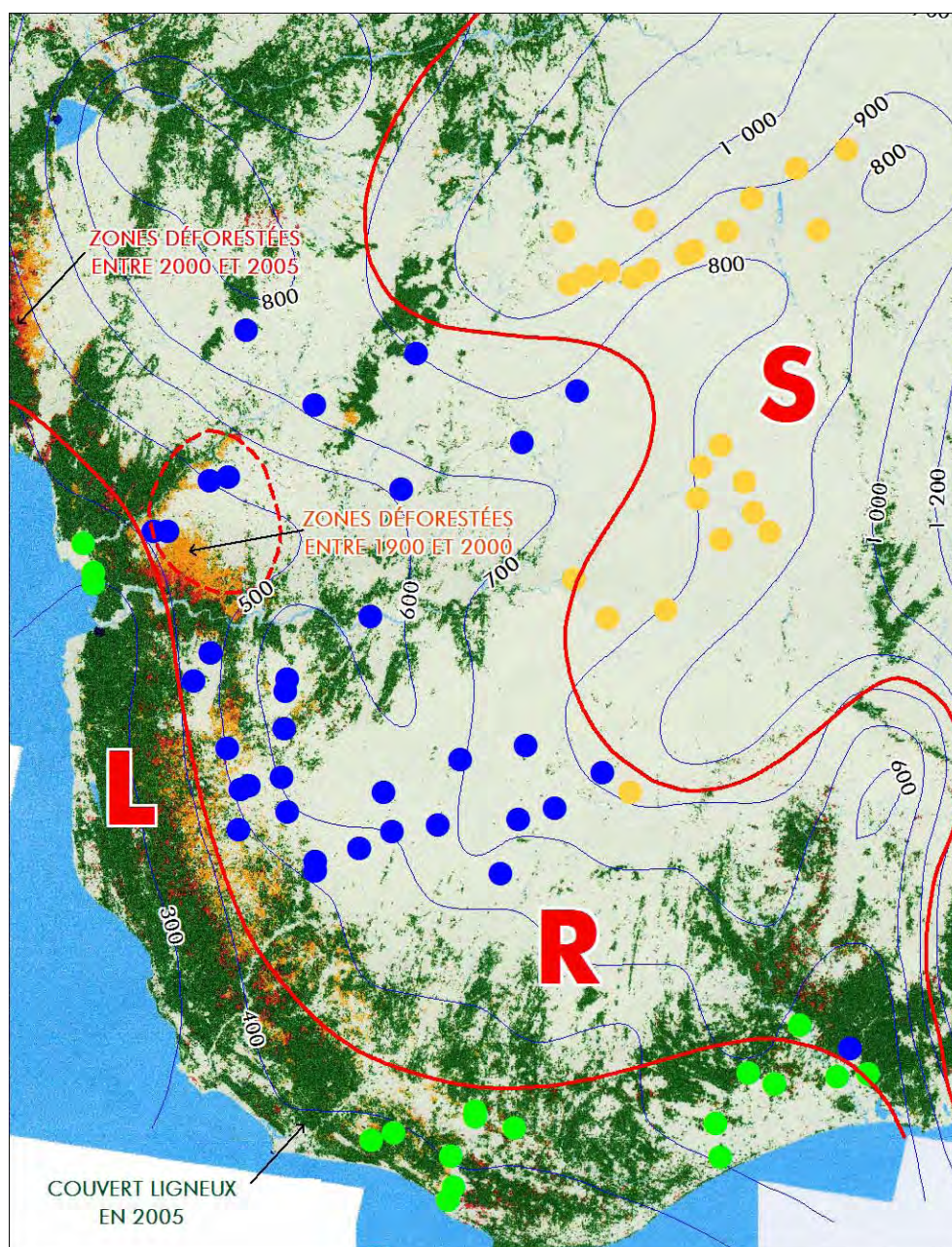


Figure 64. Evolution du couvert ligneux dans le sud de Madagascar au cours des années récentes.

On notera les importants foyers de déboisement à la limite sud-ouest de la zone de reproduction du criquet nomade.

- **Couvert ligneux en 2005**
- **Zone déforestée entre 2005 et 2000**
- **Zone déforestée entre 1900 et 2000**

Source Conservation internationale en 2005.

Les zones en vert correspondent à l'état du couvert ligneux en 2005 et les zones en rouge et orange représentent les régions de déboisement récent (orange : zone déboisées entre 1900 et 2000 ; rouge zones déboisées entre 2000 et 2005).

L, R, S voir figure 63.

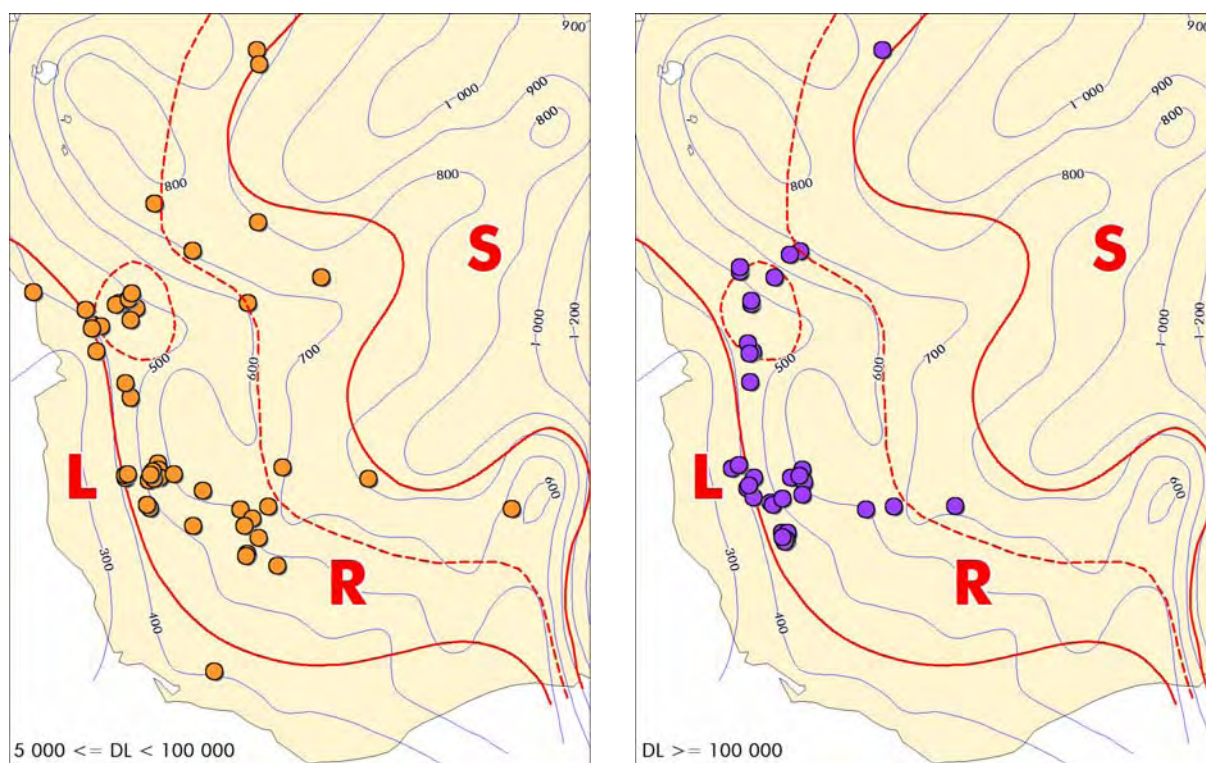


Figure 65. Localisation des zones de pullulations larvaires (2000 – 2007).

On constate que les très fortes pullulations (figure de droite : densité de larve > 100000/ha) sont essentiellement localisées sur la frange ouest de l'aire de reproduction, alors que les pullulations moins importantes (figure de gauche : densité de larves comprises entre 5000 et 100000/ha) sont largement distribuées au sein de cette zone.

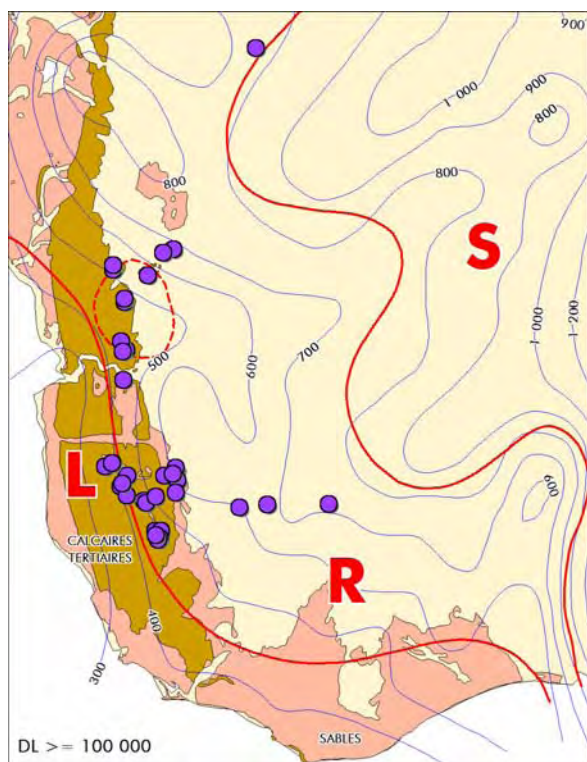


Figure 66. Géologie simplifiée du Sud malgache et zones de reproduction et de pullulation du criquet nomade.

La probabilité de trouver des sols argileux, favorables à la reproduction du criquet nomade, est bien supérieure dans les zones de calcaires tertiaires (en marron) par rapport aux zones de sols sableux (en rose).

Ronds violets : sites où de très fortes densités larvaires (> 100000/ha) ont été notées entre 2000 et 2007.

3.2.3. Les taux de reproduction du criquet nomade dans diverses localités du sud malgache

3.2.3.1. Méthode et données analysées

La réussite de la reproduction du criquet nomade a été mesurée pour chacune des deux saisons étudiées en utilisant les mêmes critères que ceux de Lecoq et al. (2006), à savoir la détermination des paramètres suivants:

TE Taux de réussite du développement embryonnaire. Cumul en fait la réussite de la maturation sexuelle et du développement embryonnaire (TE = densité maximale de larves L / densité maximale d'imagos parentaux en début de saison des pluies I1)

$$TE = L / I1$$

TL Taux de réussite du développement larvaire (TL = densité maximale d'imagos autochtones en fin de saison des pluies I2 / densité maximale de larves L)

$$TL = I2 / L$$

TR Taux global de réussite de la reproduction (TR = densité maximale d'imagos autochtones en fin de saison des pluies I2 / densité maximale d'imagos parentaux en début de saison des pluies I1)

$$TR = I2 / I1$$

Ces paramètres ont pu être déterminés uniquement pour les sites prospectés intensément (plus de 10 fois par saison) et sur lesquels le cycle biologique du criquet nomade a pu être analysé en détail. Comme pour l'étude du cycle biologique, seules ont été analysées les saisons 2004-2005 et 2005-2006. Les divers taux de multiplication ont été cartographiés et mis en relation avec la pluviométrie sur le sud de Madagascar.

3.2.3.2. Résultats

3.2.3.2.1. Les taux de reproduction du criquet nomade

Les taux moyens de reproduction (embryonnaire, larvaire et global) en 2004-2005 et 2005-2006 sont figurés dans le tableau 17. Globalement, la comparaison entre 2004-2005 et 2005-2006 montre que les taux de réussite du développement embryonnaire, du développement larvaire et le taux global de reproduction sont respectivement 16 fois, 7.5 fois et 36.5 fois plus importants en 2004-2005 par rapport à 2005-2006 (tableau 17).

Tableau 17. Taux moyen de réussite de la reproduction sur l'ensemble des stations étudiées du sud malgache en 2004-2005 et 2005-2006.

Saison	TE	TL	TR
2004-2005	18,69	0,13	1,46
2005-2006	1,17	0,02	0,04

TE taux de réussite du développement embryonnaire
TL taux de réussite du développement larvaire
TR taux global de réussite de la reproduction

Dans le détail, les valeurs de ces taux sur les stations les plus prospectées au cours de ces deux saisons sont rassemblées respectivement dans les tableaux 18 et 19. Les figures 67 et 68 indiquent ces divers taux de reproduction, les stations étant classées par taux croissant de réussite global de la reproduction.

Pour de nombreuses stations ces divers taux sont naturellement nuls. C'est bien évidemment le cas pour toutes, ou la plupart, des stations de la zone refuge de saison sèche et de la zone limite sud où la reproduction est inexistante ou très limitée.

Au sein de la zone de reproduction, les taux observés varient largement en fonction des conditions écologiques locales :

En 2004-2005 (tableau 18 et figure 67) :

- Le taux de réussite du développement embryonnaire (TE) est bon (>10) sur une quinzaine de stations. Il est supérieur à 1 dans 25 stations sur 60. La valeur maximale calculée a été de 571, mais est à considérer avec précaution vu l'imprécision des estimations.
- Le taux de réussite du développement larvaire (TL) dépasse ou avoisine 0,25 dans 9 stations (moins de 75% de mortalité larvaire).
- Enfin, le taux global de la reproduction (TR) est supérieur à 1 pour 13 stations où la population de criquet nomade est donc en expansion d'une génération à la suivante : Mitsinjo (Bkl), Tsikolake, Antoby (Bea), Nord Beomby, Bevato, Nord Ambahita, Ivovo, Masiakampy, Antsakoamileka, Vorondreo Vaovao, Besatra, Andriabe et Bemita.

En 2005-2006 (tableau 19 et figure 68) :

- De 0 à 28 pour TE (réussite du développement embryonnaire) avec 15 stations seulement sur 68 ayant un taux supérieur à 1. La réussite du développement embryonnaire est surtout manifeste pour les 5 stations suivantes toutes situées dans le PA de Sakaraha ou au voisinage : Andriabe, Bemita, Mahabo (Sak), Vorondreo Vaovao, Ankiliarivo (Sak).
- De 0 à 0,5 pour TL (réussite du développement larvaire) avec 11 stations ayant un taux supérieur à 0,1. Le taux de réussite du développement larvaire est surtout important dans les régions de Betioky et d'Edeja.
- Enfin, de 0 à 6,3 pour TR (taux global de réussite de la reproduction) avec 4 stations seulement sur 68 ayant un taux supérieur ou égal à 1 : Vorondreo Vaovao, Ankiliarivo (Btk), Andriabe et Bemita (où le taux n'est que légèrement inférieur à 1). La population de criquets nomades n'est donc en expansion, au cours de cette saison, que sur un petit nombre de stations. En réalité, on doit également tenir compte du fait que les bonnes stations de reproduction sont très certainement sous échantillonnées.¹

A noter que les plus forts taux de reproduction sont observés dans les zones où le développement embryonnaire a été un succès (Andriabe, Bemita, Vorondreo Vaovao, Ankiliarivo (Sak), et non pas nécessairement dans celles où le développement larvaire a bien réussi (voir figures 15 et 16). Les taux globaux de reproduction (TR) sont très largement dépendants du taux de réussite du développement embryonnaire (TE). Par contre, le taux de réussite du développement larvaire (TL) fluctue sans relation avec le taux global de reproduction (TR). Le premier facteur de succès de la reproduction semble bien résider d'abord dans une réussite des pontes, donc dans les conditions écologiques, et tout spécialement pluviométriques, des mois de décembre et janvier. On retrouve là, confirmée, les premières conclusions déduites de la simple étude de la distribution des imagos et des larves en relation avec la pluie.

¹ Remarque: pour les stations du PA de Betioky, le taux de développement larvaire est souvent notable (entre 0,03 et 0,49) mais le début tardif des prospections (en janvier) n'a pas permis de calculer les taux de réussite du développement embryonnaire et le taux global de reproduction.

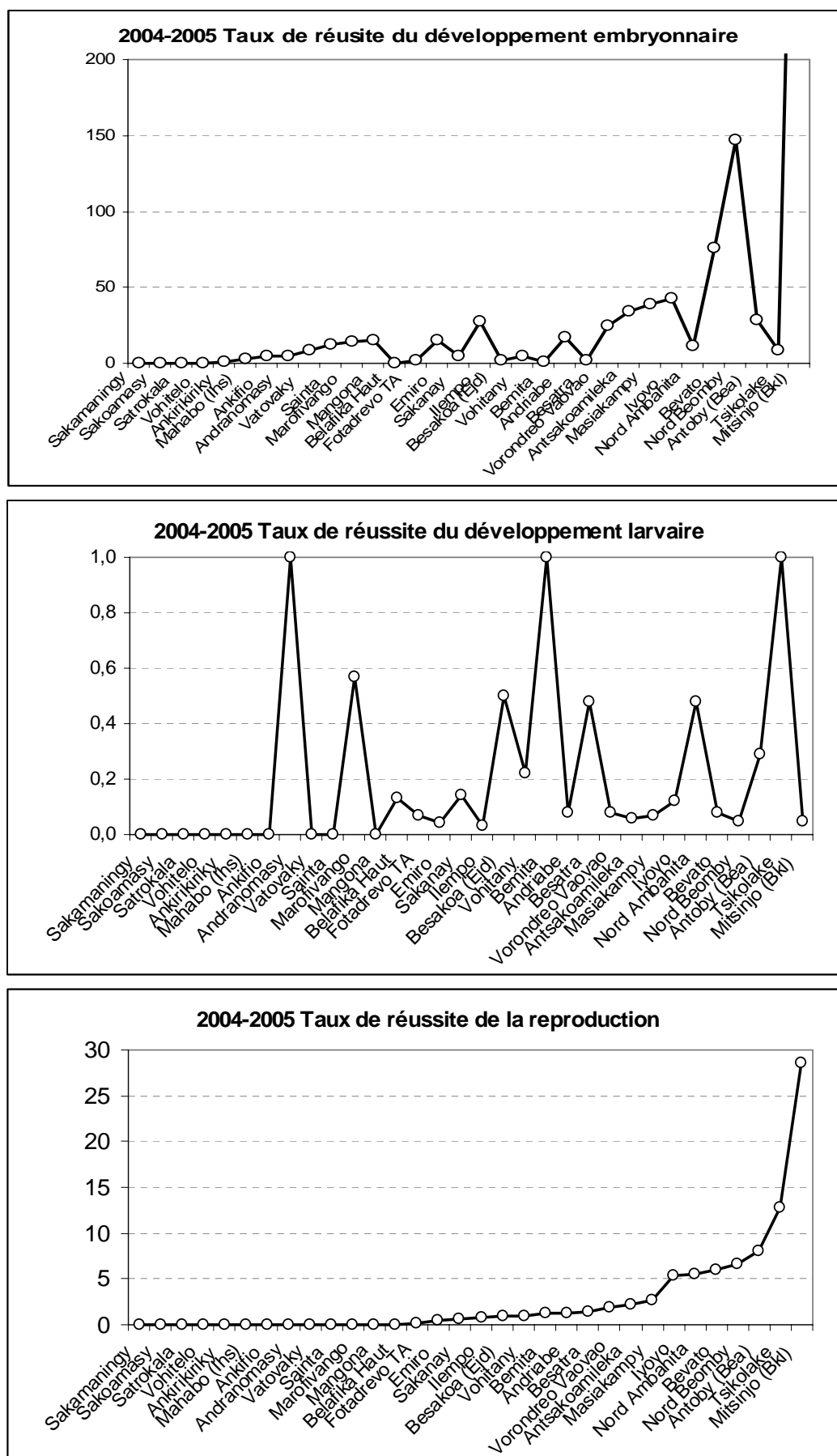


Figure 67. Divers taux de réussite de la reproduction au cours de la saison 2004-2005.

NB. Stations classés par taux de réussite de la reproduction (TR) croissant.

Tableau 18. Divers taux de réussite de la reproduction sur les stations les plus prospectées au cours de la saison 2004-2005.

Poste	Station	Latitude	Longitude	TE (embryons)	TL (larves)	TR (global)
Betroka	Analamary	-23,2333	45,8666	0,00	0,00	0,00
Ihosal	Andranomas	-22,3952	46,3010	5,00	1,00	0,00
Toliary	Andranomena (Tol)	-23,3914	43,7451	0,00	0,00	0,00
Sakaraha	Andriabe	-22,8861	44,5244	16,67	0,08	1,25
Ranohira	Andriamanero	-22,3682	45,4059	0,00	0,00	0,00
Betroka	Angebolava	-23,6022	45,5505	0,00	0,00	0,00
Ranohira	Ankatsaka	-22,4998	45,7000	0,00	0,00	0,00
Ranohira	Ankazotelo	-22,4545	45,8364	0,00	0,00	0,00
Ranohira	Ankazotelo 2	-22,5236	45,6500	0,00	0,00	0,00
Ihosal	Ankifio	-22,2833	46,0666	5,00	0,00	0,00
Bekily	Ankilibe (Bkl)	-24,2278	45,2288	0,00	0,00	0,00
Toliary	Ankilibe (Tol)	-23,4250	43,7445	0,00	0,00	0,00
Amboasary	Ankirikiriky	-24,9994	46,3854	0,67	0,00	0,00
Betroka	Ankomanga	-23,3483	46,1197	0,00	0,00	0,00
Beahitse	Antoby (Bea)	-24,0988	44,2556	28,00	0,29	8,00
Betioky	Antoby (Btk)	-23,5667	44,7166	0,00	0,00	0,00
Bekily	Antsakoamasy	-24,3997	45,1644	0,00	0,00	0,00
Toliary	Antsakoamileka	-23,2664	43,9564	34,23	0,06	2,14
Betioky	Antsakoandahy	-23,7542	44,4212	0,00	0,00	0,00
Ejeda	Belafika Haut	-24,3010	44,6688	0,23	0,13	0,03
Betroka	Belegnalegna (Btr)	-22,4949	45,5642	0,00	0,00	0,00
Ranohira	Belegnalegna (Ran)	-22,4984	45,5631	0,00	0,00	0,00
Betroka	Belinta	-23,5831	45,7519	0,00	0,00	0,00
Beloha	Beloha TA	-25,1517	45,0662	0,00	0,00	0,00
Sakaraha	Bemita	-22,6401	44,2896	0,95	1,00	1,24
Betroka	Benato TA	-23,1321	45,8818	0,00	0,00	0,00
Betroka	Bepeha	-23,0667	45,9500	0,00	0,00	0,00
Betioky	Besakoa (Btk)	-23,9111	44,4096	0,00	0,00	0,00
Ejeda	Besakoa (Ejd)	-24,3683	44,5156	1,82	0,50	0,91
Sakaraha	Besakoa (Sak)	-22,7373	44,8858	0,00	0,00	0,00
Betioky	Besatra	-23,7915	44,4132	1,90	0,48	1,46
Sakaraha	Bevato	-23,0308	45,2514	76,25	0,08	5,94
Ejeda	Emiro	-24,2522	44,7845	15,38	0,04	0,54
Ejeda	Fotadrevo TA	-24,0305	45,0269	1,71	0,07	0,11
Beahitse	Ilembo	-24,0889	44,2841	27,27	0,03	0,83
Betioky	Itomboina	-23,8703	44,0954	0,00	0,00	0,00
Beahitse	Ivovo	-24,1756	44,4172	42,86	0,12	5,29
Ihosal	Mahabo (Ihs)	-22,4435	45,8623	3,30	0,00	0,00
Ihosal	Mangona	-22,3859	45,9820	15,00	0,00	0,00
Ihosal	Marofivango	-22,1959	46,2268	14,00	0,57	0,00
Bekily	Maroviro	-24,1560	45,6231	0,00	0,00	0,00
Toliary	Masiakampy	-23,2707	44,0076	39,10	0,07	2,65
Toliary	Miary	-23,2975	43,7095	0,00	0,00	0,00
Ranohira	Mitsinjo	-22,5349	45,4265	0,00	0,00	0,00
Bekily	Mitsinjo (Bkl)	-24,0900	45,5230	571,00	0,05	28,57
Betroka	Morahariva	-23,2850	46,0632	0,00	0,00	0,00
Beloha	Nandehoa	-25,1680	45,0662	0,00	0,00	0,00
Bekily	Nord Ambahita	-23,9938	45,2577	11,54	0,48	5,58
Beahitse	Nord Beombo	-24,2270	44,2452	146,67	0,05	6,67
Betroka	Saheny	-23,3667	45,9500	0,00	0,00	0,00
Beahitse	Sainta	-24,0655	44,4001	12,35	0,00	0,00
Ranohira	Sakamaningy	-22,5119	45,4845	0,00	0,00	0,00
Ejeda	Sakanay	-24,3363	44,5156	4,67	0,14	0,67
Betroka	Sakoamasy	-23,1833	46,0333	0,00	0,00	0,00
Ranohira	Satrokala	-22,3387	45,6923	0,00	0,00	0,00
Bekily	Tsikolake	-24,1986	45,3567	8,38	1,00	12,75
Ihosal	Vatovaky	-22,1412	46,4009	8,33	0,00	0,00
Ejeda	Vohitany	-24,1262	44,7562	4,29	0,22	0,95
Betroka	Vohitelo	-23,4731	45,4333	0,00	0,00	0,00
Toliary	Vorondreo Vaovao	-23,1137	44,1567	25,00	0,08	1,94

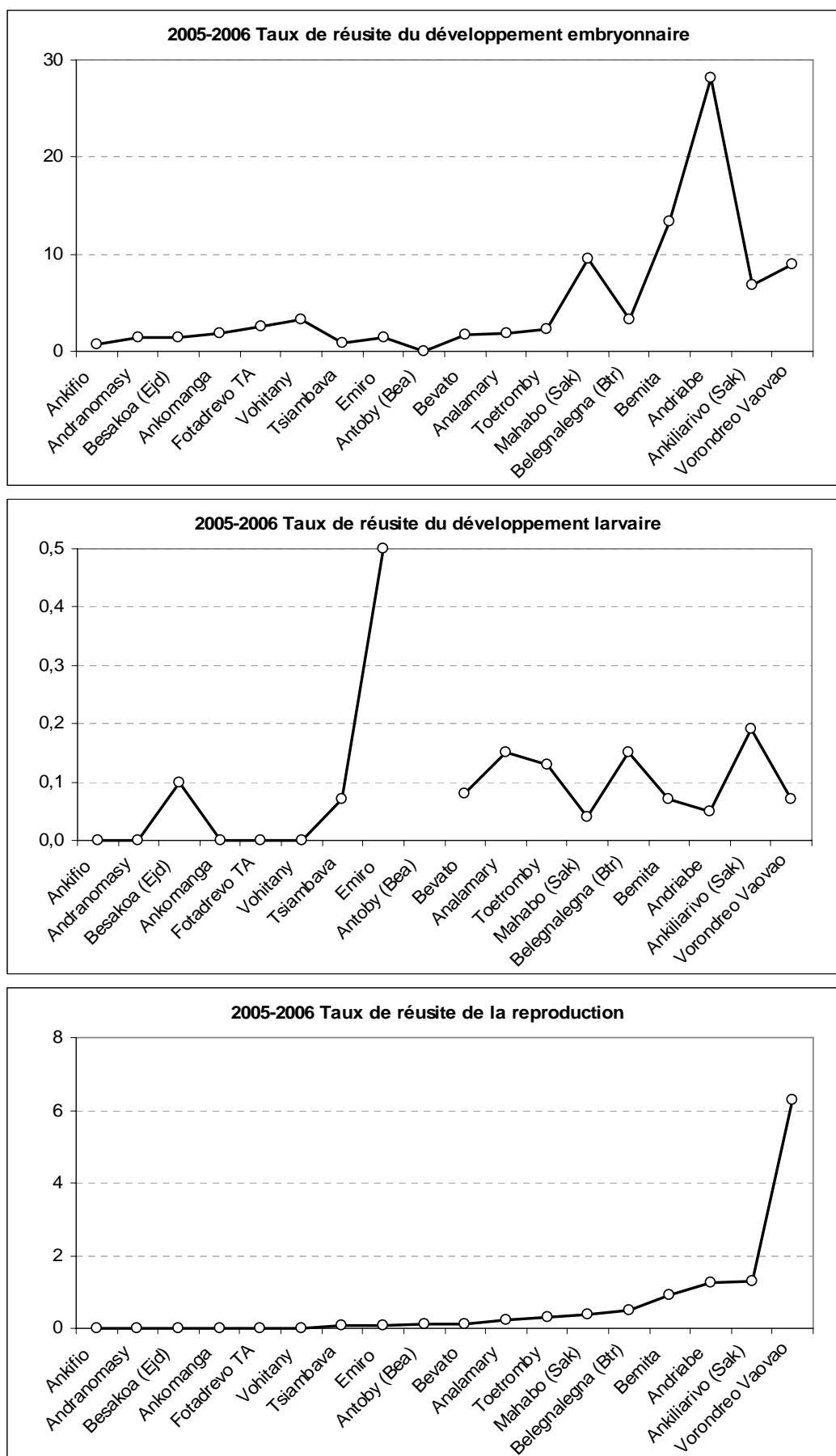


Figure 68. Divers taux de réussite de la reproduction au cours de la saison 2005-2006.

NB. Stations classés par taux de réussite de la reproduction (TR) croissant.

Tableau 19. Divers taux de réussite de la reproduction sur les stations les plus prospectées au cours de la saison 2005-2006. (-1 indique l'impossibilité de calculer les taux)

Poste	Station	Latitude	Longitude	Tx Embryons	Tx Larves	Tx Global
Ambovombe	Ambazoa	-25,3292	45,9260	0,00	0,00	0,00
Betioky	Ambinjy	-23,7471	44,0927	-1,00	0,11	-1,00
Ambovombe	Ambonaivo	-25,2196	45,9104	0,00	0,00	0,00
Ambovombe	Ampamolora	-25,0625	46,0275	0,00	0,00	0,00
Betroka	Analamary	-23,2333	45,8666	1,80	0,15	0,24
Ejeda	Anamonty	-24,2919	44,7046	0,00	0,00	0,00
Amboasary	Anarafaly	-24,9188	46,2073	0,00	0,00	0,00
Ihosi	Andranomasy	-22,3952	46,3010	1,36	0,00	0,00
Toliary	Andranomena (Tol)	-23,3914	43,7451	0,00	0,00	0,00
Betioky	Andremba	-23,9678	44,2080	-1,00	0,05	-1,00
Sakaraha	Andriabe	-22,8861	44,5244	28,13	0,05	1,27
Ranohira	Andriamanero	-22,3682	45,4059	0,00	0,00	0,00
Betroka	Angebolava	-23,6022	45,5505	0,00	0,00	0,00
Beloha	Anjedava	-25,2310	44,7012	0,00	0,00	0,00
Beahitse	Ankalirano	-24,2478	44,2644	0,00	0,00	0,00
Ranohira	Ankatrakatraka	-22,4985	45,7030	0,00	0,00	0,00
Betioky	Ankazomanga	-23,6625	44,1519	-1,00	0,03	-1,00
Ranohira	Ankazotelo	-22,4545	45,8364	0,00	0,00	0,00
Ihosi	Ankifio	-22,2833	46,0666	0,67	0,00	0,00
Sakaraha	Ankiliarivo (Sak)	-22,8747	45,4469	6,86	0,19	1,29
Toliary	Ankilibe (Tol)	-23,4250	43,7445	0,00	0,00	0,00
Amboasary	Ankikiriky	-24,9994	46,3854	0,00	0,00	0,00
Amboasary	Ankitry	-25,0882	46,3385	0,00	0,00	0,00
Betroka	Ankomanga	-23,3483	46,1197	1,80	0,00	0,00
Beahitse	Antoby (Bea)	-24,0988	44,2556	0,02	-1,00	0,10
Betioky	Antoby (Btk)	-23,5667	44,7166	-1,00	0,40	-1,00
Toliary	Antsakoamileka	-23,2664	43,9564	0,00	0,00	0,00
Betioky	Antsakoandahy	-23,7542	44,4212	-1,00	0,28	-1,00
Amboasary	Behoake	-25,0829	46,4466	0,00	0,00	0,00
Ejeda	Belafika Haut	-24,3010	44,6688	0,00	0,00	0,00
Ejeda	Belambo Ambony	-24,3010	44,6688	0,00	0,00	0,00
Betroka	Belegnalegna (Btr)	-22,4949	45,5642	3,33	0,15	0,50
Ranohira	Belegnalegna (Ran)	-22,4984	45,5631	0,00	0,00	0,00
Betroka	Belinta	-23,5831	45,7519	0,00	0,00	0,00
Sakaraha	Bemita	-22,6401	44,2896	13,33	0,07	0,92
Betioky	Besakoa (Btk)	-23,9111	44,4096	-1,00	0,12	-1,00
Ejeda	Besakoa (Ejd)	-24,3683	44,5156	1,43	0,10	0,00
Betioky	Besatra	-23,7915	44,4132	-1,00	0,49	-1,00
Sakaraha	Bevato	-23,0308	45,2514	1,68	0,08	0,13
Ejeda	Emiro	-24,2522	44,7845	1,46	0,50	0,07
Ejeda	Fotadrevo TA	-24,0305	45,0269	2,50	0,00	0,00
Beloha	Ianademby	-25,3890	44,9879	0,00	0,00	0,00
Beloha	Ikopoky	-25,2085	45,2052	0,00	0,00	0,00
Beahitse	Ilembo	-24,0889	44,2841	0,00	0,00	0,00
Betioky	Itomboina	-23,8703	44,0954	-1,00	0,00	-1,00
Beahitse	Ivovo	-24,1756	44,4172	0,00	0,00	0,00
Beloha	Lavanono	-25,4311	44,9682	0,00	0,00	0,00
Ihosi	Mahabo (Ihs)	-22,4435	45,8623	0,00	0,00	0,00
Sakaraha	Mahabo (Sak)	-23,1641	44,8283	9,57	0,04	0,37
Ihosi	Mangona	-22,3859	45,9820	0,00	0,00	0,00
Ihosi	Marofivango	-22,1959	46,2268	0,00	0,00	0,00
Toliary	Masiakampy	-23,2707	44,0076	0,00	0,00	0,00
Toliary	Miary	-23,2975	43,7095	0,00	0,00	0,00
Ranohira	Mitsinjo	-22,5349	45,4265	0,00	0,00	0,00
Betroka	Morahariva	-23,2850	46,0632	0,00	0,00	0,00
Beahitse	Sainta	-24,0655	44,4001	-1,00	-1,00	-1,00
Ranohira	Sakamaningy	-22,5119	45,4845	0,00	0,00	0,00
Ejeda	Sakanay	-24,3363	44,5156	0,00	0,00	0,00
Ambovombe	Sarihangy	-25,1020	46,1168	0,00	0,00	0,00
Beloha	Saromilitsy	-25,2099	44,7797	-1,00	0,00	0,00
Ranohira	Satrokala	-22,3387	45,6923	0,00	0,00	0,00
Ambovombe	Soatsifa	-25,102	46,1168	0,00	0,00	0,00
Sakaraha	Toetromby	-23,1044	44,2215	2,27	0,13	0,30
Beloha	Tranovaho	-25,2896	44,981	0,00	0,00	0,00
Ejeda	Tsiambava	-24,2374	44,9453	0,91	0,07	0,06
Ihosi	Vatovaky	-22,1412	46,4009	0,00	0,00	0,00
Ejeda	Vohitany	-24,1262	44,7562	3,33	0,00	0,00
Toliary	Vorondreo Vaovao	-23,1137	44,1567	9,00	0,07	6,30

3.2.3.2.2. Relations entre taux de reproduction et pluies

Les relations entre taux de reproduction et pluviométrie ont ensuite été étudiées. On a procédé aux analyses suivantes :

- tout d'abord à une analyse factorielle du tableau mettant en relation les taux de reproduction et les variables pluviométriques afin de dégager les grandes tendances ;
- ensuite à une analyse cartographique comparée des taux de reproduction et des pluies, à l'échelle annuelle comme à l'échelle mensuelle, afin d'illustrer l'impact de la pluviométrie de certains mois sur la réussite de la reproduction du criquet nomade.

Analyse factorielle du tableau observations (stations acridiennes) x variables (taux de reproduction + pluies)

Pour analyser globalement les relations entre taux de reproduction (TE, TL et TR) et pluies il a été procédé à une analyse des correspondances multiples (ACM) sur un tableau disjonctif [118 observations x 10 variables].

Les 118 observations correspondent aux 118 stations pour lesquelles il a été possible – pour les saisons 2004-2005 et 2005-2006 – de déterminer les valeurs des taux de reproduction. Les 10 variables correspondent, d'une part, aux indices de reproduction (3 variables : TE, TL et TR) et, d'autre part, aux pluies de novembre à mars (5 variables : P11, P12, P01, P02, P03), à la pluviométrie globale de la saison (1 variable : Ps) et à la pluviométrie cumulée de janvier à mars (1 variable : P123).

Chaque variable a été transformée en classes selon les bornes indiquées dans le tableau 20.

Tableau 20. Classes retenues pour l'analyse des relations pluies / taux de reproduction.

Variables	Classes							
	1	2	3	4	5	6	7	8
TR	0	< 1	> 1					
TE	0	< 10	> 10					
TL	0	< 0,25	> 0,25					
P11, P12, P01, P02, P03	< 20	20-50 [	50-100 [	100-150 [	150-200 [	200-250 [	250-300 [	300 et+
PS et P123	<300	400-500	600-700	800	900	1000	> 1000	

TR, TE, TL taux de reproduction global, embryonnaire et larvaire
P11 à P03 pluviométrie des mois de novembre à mars
PS pluviométrie globale de la saison (septembre à août)
P123 pluviométrie cumulée de janvier à mars

NB. Toutes les classes n'ont pas été observées pour chaque variable.

On a ici une démonstration claire de l'impact de la pluviométrie sur les taux de reproduction et une estimation des valeurs nécessaires pour avoir un taux de reproduction significatif (non nul ou négligeable), cette valeur se situant aux alentours de 150 mm de pluie par mois. On retrouve là, naturellement, le seuil pluviométrique mis en évidence au paragraphe 3.2.1.2. lors de l'analyse des relations entre distribution saisonnière et pluies. Il s'agit là d'une pluviométrie relativement importante, à comparer avec les conditions pluviométriques favorables au criquet migrateur qui se situent plutôt dans la gamme 50-150 mm de pluie par mois.

Cartographies comparées des taux de reproduction et des pluies

Afin de préciser et illustrer la relation entre la réussite de la reproduction du criquet nomade et les conditions pluviométriques, les divers taux de réussite de la reproduction - TE, TL et TR - ont été cartographiés (voir figures 70 et 71). Pour 2004-2005 (figure 70) on constate une bonne distribution des valeurs élevées de TE, TL et TR sur une bonne partie du sud de Madagascar. Au contraire, en 2005-2006 (figure 71), seuls les taux élevés de réussite des larves sont largement distribués. Les valeurs élevées de TE et TR sont rares et localisées uniquement dans la partie nord de la zone d'étude. La relation entre les taux de reproduction et la pluviométrie a été analysée en fonction des pluviométries annuelles (de septembre à août) et mensuelles.

▪ Relation entre taux de reproduction et pluviométrie sur l'ensemble de la saison

Globalement, les zones ayant reçu une forte pluviométrie (plus de 800 mm dans l'année) sont beaucoup plus importantes en 2004-2005 (98687 km²) qu'en 2005-2006 (10454 km²). Inversement, les zones ayant reçu moins de 500mm sont plus importantes en 2005-2006 (68608 km²) qu'en 2004-2005 (6469 km²) (figure 72).

Cette situation se traduit par des indices de réussite de la reproduction - pour TE, TL et TR – bien supérieurs en 2004-2005 par rapport à 2005-2006 (figures 73 et 74).

Si l'on observe les cartes pluviométriques annuelles (figures 70 et 71), on constate que l'année 2004-2005 a été bien arrosée sur l'ensemble du sud de Madagascar. Les isohyètes 500 et même 700 mm annuels atteignent quasi l'extrême sud du pays. Au contraire, en 2005-2006, sur la plus grande partie du sud, la pluviométrie est très inférieure à 700mm, voire à 500 mm. Globalement, la saison 2004-2005 est donc beaucoup plus arrosée que la saison 2005-2006 et cela se traduit très nettement au niveau de la qualité de la reproduction du criquet nomade.

On constate :

- un taux de réussite du développement embryonnaire plus important en 2004-2005 ;
- une réussite du développement embryonnaire s'étendant vers le sud sur une plus vaste zone en 2004-2005, alors qu'en 2005-2006 les taux les plus importants sont limités au nord de la zone d'étude ;
- les taux de réussite du développement larvaire sont moins affectés, les taux supérieurs à 0,1 sont assez largement répartis au cours des deux années ; cependant en moyenne la réussite du développement larvaire est plus importante en 2004-2005 ;
- globalement, les taux positifs de reproduction du criquet nomade sont plus largement répartis et plus élevés en 2004-2005 ;
- les types de cycles biologiques observés dans chaque station sont sensiblement les mêmes au cours des deux saisons avec les stations des zones refuge de saison sèche, les stations de la zone de reproduction et les stations de l'aire limite de l'extrême-sud ; cependant, en 2004-2005 on note une petite reproduction dans l'extrême sud-est (station d'Ankikiriky) à la faveur de l'abondance des pluies, alors qu'en 2005-2006, la faiblesse des pluies se traduit par une classification de toutes les stations de cette zone en station appartenant à la zone limite de l'extrême sud, sans reproduction aucune.

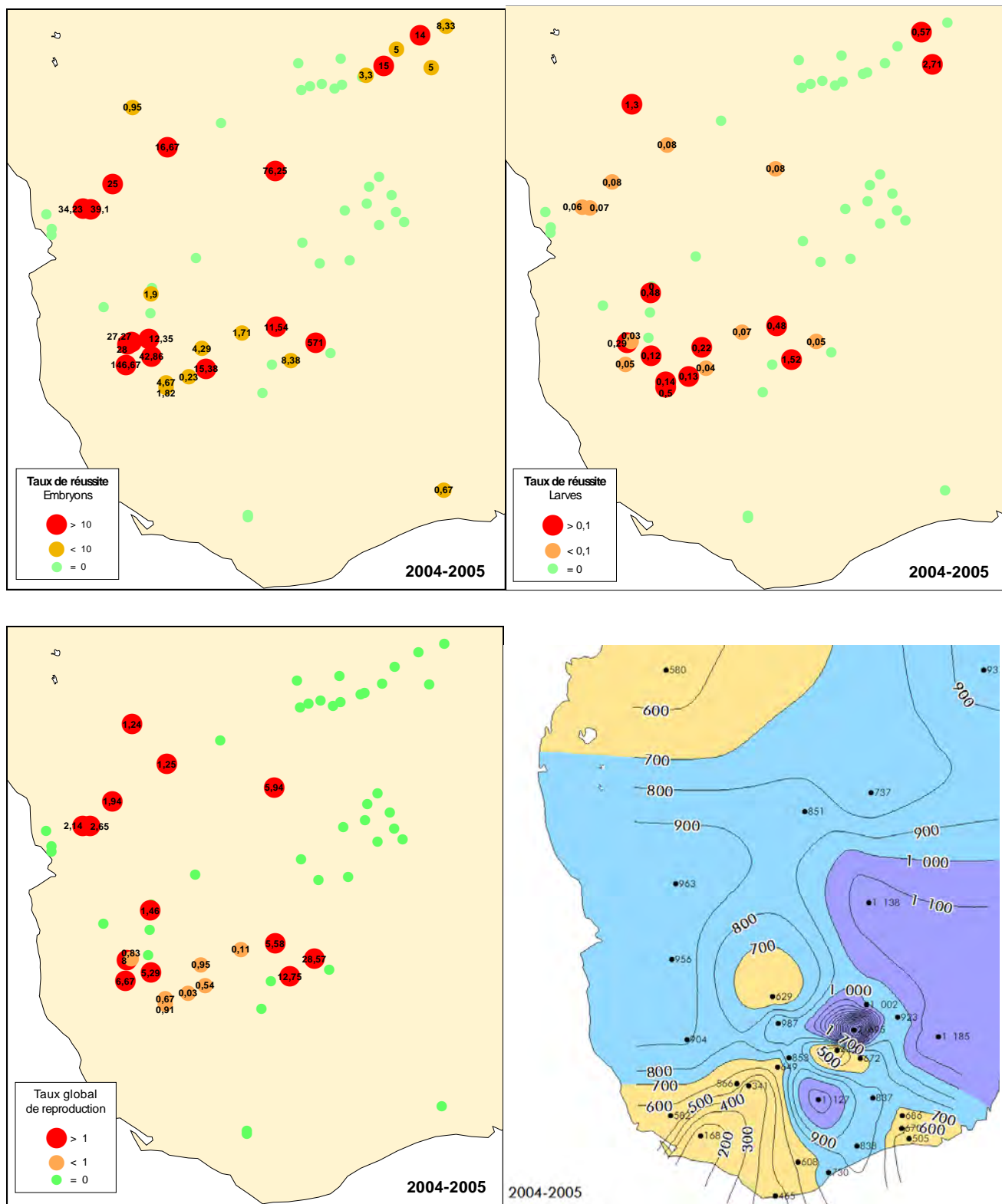


Figure 70. Cartographie de divers indices de réussite du développement du criquet nomade dans le sud malgache en 2004-2005 et relation avec la pluviométrie annuelle.

Taux de réussite du développement embryonnaire
Taux de réussite du développement larvaire
Taux global de réussite de la reproduction
Pluviométrie annuelle

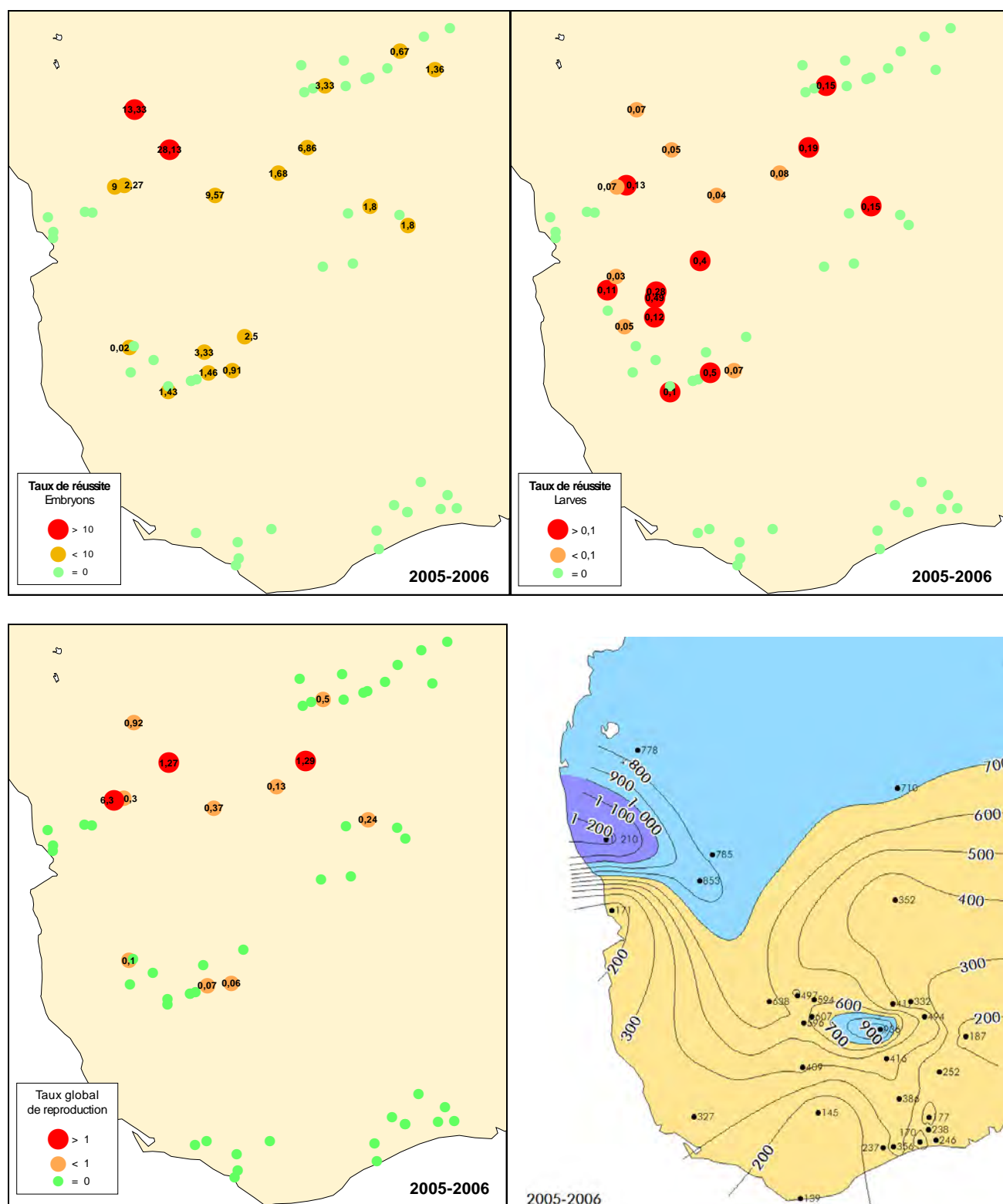


Figure 71. Cartographie de divers indices de réussite du développement du criquet nomade dans le sud malgache en 2005-2006.

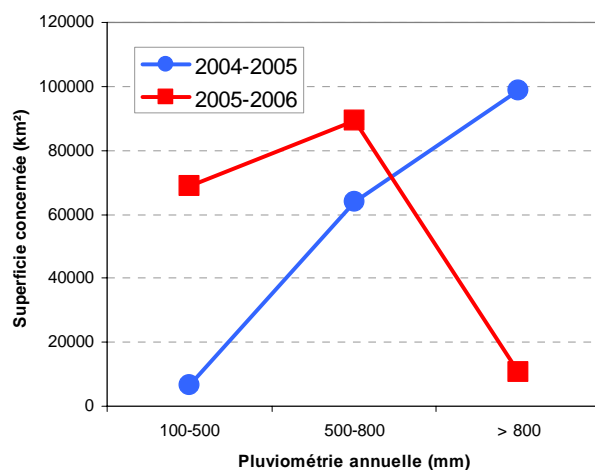


Figure 72. Comparaison entre les pluviométries de 2004-2005 et 2005-2006 sur le sud-ouest de Madagascar.

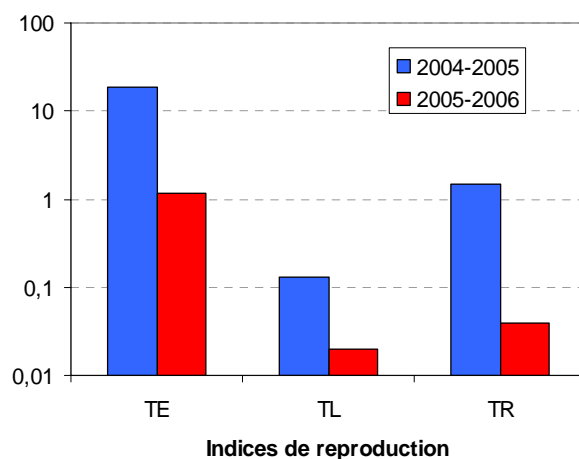


Figure 73. Comparaison des indices de réussite de la reproduction du criquet nomade entre 2004-2005 et 2005-2006.

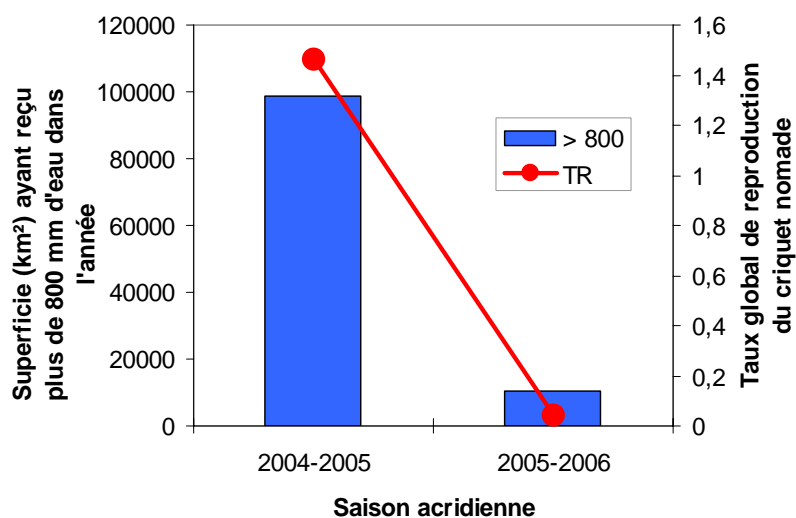


Figure 74. Relation entre forte pluviométrie et taux global de la reproduction.

▪ Relation entre taux de reproduction et pluviométries mensuelles

Si l'on s'intéresse maintenant à la distribution mensuelle des pluies, on constate que la principale différence entre 2004-2005 et 2005-2006 se situe dans la pluviométrie des mois de décembre et janvier, la période critique pour la réussite du développement embryonnaire. En 2004-2005, les mois de décembre et surtout janvier sont très pluvieux. Au contraire, en 2005-2006 ces deux mois sont beaucoup plus secs, surtout le mois de janvier 2006 (figure 75).

Dans le détail, on constate les faits suivants :

- la saison des pluies s'amorce véritablement en novembre mais les différences entre les deux années sont faibles ;
- décembre 2004 est globalement plus pluvieux que celui de 2006, avec en particulier une zone de pluies supérieures à 200 mm plus importante ;
- janvier 2005 est très pluvieux sur tout le sud de Madagascar ; les pluies sont presque partout supérieures à 200 mm dans le mois, et très souvent beaucoup plus (de nombreuses zones reçoivent une pluviométrie supérieure à 400 mm) ; au contraire, janvier 2006 est beaucoup plus sec sur toute la zone (seule une petite portion au nord-ouest reçoit plus de 200 mm de pluie dans le mois) ;
- février est légèrement plus pluvieux en 2006 par rapport à février 2005, mais aucune différence très forte n'est notée ;
- mars voit le recul des pluies ; mars 2005 est sensiblement plus arrosé que mars 2006, surtout dans l'extrême sud.

En définitive, les différences de pluviométrie entre décembre/janvier 2004-2005 et décembre/janvier 2005-2006 (et surtout janvier) se traduisent par une bien meilleure réussite de la reproduction au cours de la première saison, grâce essentiellement à une bien plus forte réussite du développement embryonnaire. De nouveau, la pluie durant le développement des œufs apparaît comme le facteur clé de la réussite du développement du criquet nomade.

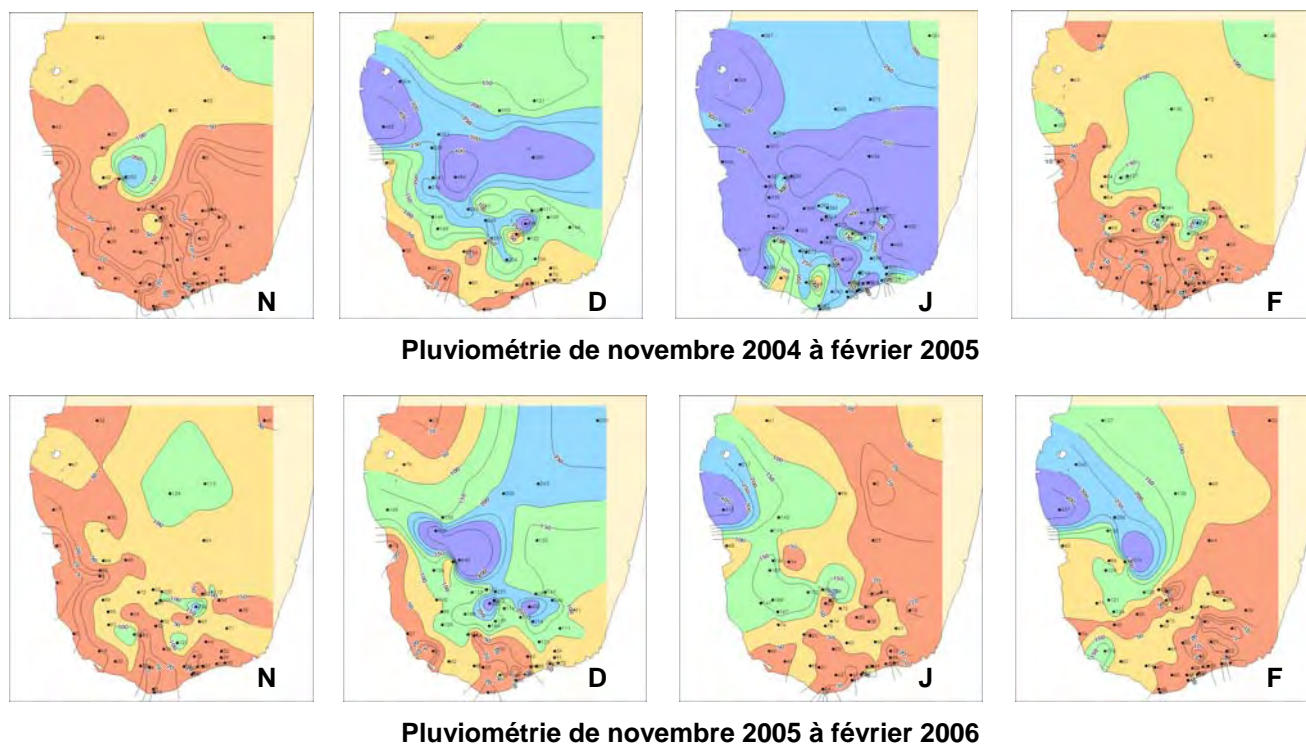


Figure 75. Cartes pluviométriques mensuelles des années 2004-2005 et 2005-2006.

Orange : < 50 mm, jaune : 50-100 mm, vert : 100-200 mm, bleu : 200-300 mm, violet : > 300 mm.

Conclusions sur l'analyse des archives du Centre antiacridien

L'analyse des archives du Centre antiacridien a permis tout d'abord d'effectuer un bilan de la base de données du CNA concernant à la fois le criquet nomade et la pluviométrie sur le sud-ouest malgache. Ces données ont été très longues à obtenir. Il aura fallu deux ans pour disposer de l'ensemble des informations utiles. Un tel délai n'était guère imaginable en début de projet. De plus, une fois obtenues, la vérification de la qualité des données a mis à jour divers problèmes, les uns relevant d'erreurs de gestion des informations, les autres de la nature de certains paramètres mal appréciés par les prospecteurs. La vérification de la base a nécessité la mise au point d'une procédure spécifique impliquant la mise en œuvre de nombreux tests de cohérence interne et une lecture attentive de toutes les informations. Actuellement, il semble que ces informations ne soient souvent entrées dans la base de données que tardivement et que la saisie ne fasse l'objet d'aucune vérification. Tout ceci montre qu'il convient pour le CNA de faire procéder régulièrement à la saisie informatique et à la vérification des données (selon des procédures standards), d'une part, et de compléter la formation des chefs de postes et chefs de zone acridiennes pour ce qui est des paramètres à observer sur le terrain, d'autre part.

Malgré le rejet, après validation des données, de nombreuses prospections et paramètres peu fiables, une masse considérable d'informations a cependant pu être analysée représentant plusieurs milliers de prospections effectuées entre 2001 et 2007.

L'analyse de ces données a permis de préciser la distribution saisonnière des larves et des imagos de criquets nomades, d'établir le cycle biologique de l'espèce dans de très nombreuses localités du sud malgache et d'affiner le schéma des migrations saisonnières, de déterminer les taux de reproduction globalement d'une génération à la suivante ainsi que pour les phases de développement embryonnaire et larvaire, de préciser les corrélations entre dynamique du criquet et la pluviométrie, d'affiner la régionalisation du sud malgache en fonction de l'écologie de l'espèce, de mettre en évidence le rôle du sud malgache comme aire grégarigène du criquet nomade et de préciser la localisation des zones de foyers de grégarisation les plus actifs.

Toutes ces informations constituent autant de faits précis permettant au CNA de mieux comprendre la dynamique du criquet nomade dans le sud de Madagascar et d'en déduire des implications opérationnelles pour la stratégie de lutte contre cette espèce.

Conclusions générales

Les études entreprises sur les caractéristiques des phases du criquet nomade ont permis de mettre au point des critères précis de reconnaissance de l'état phasaire de cet acridien, tant pour les larves que pour les imagos, tant pour les individus qu'au niveau des populations. Elles ont également permis de préciser les densités à partir desquelles, chez les larves, les premières manifestations phasaires sont observées.

Les travaux sur la dynamique des populations du criquet nomade - réalisés au travers d'études de terrain sur une station de reproduction, d'enquêtes en milieu paysan et d'analyse des archives récentes du CNA - ont permis d'aboutir à une compréhension plus fine du déterminisme des pullulations et à une délimitation plus précise des zones les plus propices aux pullulations et aux grégarisations.

Les principaux acquis

Parmi les principaux faits aux conséquences opérationnelles on retiendra essentiellement :

- **La démonstration de l'existence de vrais larves grégaires dans le sud de Madagascar**

La démonstration a été apportée qu'il existe bien dans le sud de Madagascar de vraies larves solitaires, *transiens* et grégaires du criquet nomade.

- **La détermination du seuil de transformation phasaire chez les larves**

Ce seuil a été estimé aux environs de 10 larves par mètre carré (10000 larves / ha). Rappelons que le seuil chez les imagos avait été trouvé aux environs de 5000 imagos / hectare par franc et al. (2005).

- **La mise au point d'une typologie des états phasaires du criquet nomade**

Par delà le flou qui existait jusqu'à présent, rendant les observations sur la phase des populations de criquet nomade inexploitable, une typologie claire et précise de l'état phasaire des larves et des imagos a pu être établie. Chez les larves 4 états phasaires sont distingués (solitaires, solitaro-*transiens*, *transiens* et grégaires) et chez les imagos 3 états phasaires seulement (solitaires, *transiens* et grégaires). Pour chaque état phasaire une fiche de description est proposée, à la fois pour décrire l'état phasaire d'un individu (larve ou imago), et pour caractériser l'état phasaire moyen d'une population.

- **L'importance des pluies de décembre et janvier sur la réussite de la reproduction et les risques de pullulation**

Toutes les études réalisées montrent que la phase clé de la réussite de la reproduction se situe au niveau du développement embryonnaire. Un taux de réussite important est lié à une pluviométrie élevée et à des pluies régulièrement réparties. Il semble qu'il faille plus de 150 mm de pluie par mois pour avoir un développement embryonnaire relativement réussi et qu'au-delà, plus la pluviométrie est élevée et bien répartie sur la zone de reproduction, plus le taux de réussite sera important et les risques de pullulations élevés. Seule une pluviométrie mensuelle supérieure à 300 mm semble devenir moins favorable et se traduit par des taux de reproduction qui, sans être catastrophiques, sont moins importants. C'est à partir de 400 mm et plus que la densité de criquets nomade chute très nettement.

L'utilisation de ce critère [150-400 mm] - aux imprécisions sur l'estimation des pluies près - peut permettre au CNA une localisation précoce des sites où le risque de pullulation est important et où il convient de renforcer la surveillance, ceci d'autant que les zones de danger potentiel - les zones risquant d'être à l'origine de pullulations majeures dépassant la simple protection rapprochée des cultures - sont relativement limitées. La plage pluviométrique 250-300 mm est celle qui semble la plus favorable. Par ailleurs, le criquet nomade n'ayant qu'une seule génération par an (contrairement au criquet migrateur ou 4 à 5 générations peuvent se succéder en une année), l'augmentation des effectifs et les diverses étapes du processus de transformation phasaire pouvant conduire à une invasion se font nécessairement plus lentement. Ceci devrait normalement laisser au CNA une marge

de manœuvre plus importante pour maîtriser la situation. Il conviendra naturellement d'améliorer le réseau de collecte de l'information pluviométrique de façon à disposer de données plus nombreuses, mieux réparties et plus fréquentes. Une telle information est d'ailleurs également indispensable et encore plus fondamentale pour la surveillance du criquet migrateur.

- **La délimitation des zones de foyers de grégarisation les plus actifs**

Une zone – s'étendant de Befandriana Sud au plateau Mahafaly en passant par le plateau de Belomotra - rassemble plusieurs facteurs très favorables aux pullulations du criquet nomade :

- une arrivée massive en début de saison des pluies des populations de criquets nomades issues des zones refuge de saison sèche,
- une densation des populations sur des superficies restreintes,
- une pluviométrie permettant, en moyenne, les meilleurs taux de reproduction observés dans le sud,
- un déboisement récent ayant augmenté la superficie des biotopes potentiels de reproduction.

La délimitation de cette zone - actuellement largement sous prospectée au vu de la localisation des sites visités par le CNA - doit permettre au Centre antiacridien de renforcer la surveillance dans ce périmètre afin de pouvoir y traiter précocement les premières formations grégaires, bandes larvaires et jeunes essaims. La figure 76 reprend la régionalisation du sud et représente une synthèse des diverses études réalisées. L'ensemble de la zone constitue, pour le sud de Madagascar, une aire grégarigène du criquet nomade. La surface orangée délimite approximativement la zone des foyers de grégarisation les plus actifs. On notera cependant qu'une fois le processus de grégarisation enclenché, les populations grégaires sont susceptibles de se reproduire et de se multiplier, en fonction des pluies, sur des territoires beaucoup plus vastes. D'où l'importance de prendre le problème à la base, quand les populations sont encore solitaires ou solitaro-transiens, et quand les taux de multiplication élevés sont limités à des superficies réduites.

Vers une stratégie de prévention du risque

A partir de ces résultats et constations, l'essentiel du travail du CNA sera de mettre en œuvre une stratégie de prévention devant reposer sur :

- **l'augmentation du nombre de sites prospectés** régulièrement dans la zone des foyers de grégarisation ;
- **l'augmentation de la fréquence de surveillance** de cette zone en début de saison des pluies ;
- **l'amélioration des observations** sur le criquet nomade en renforçant la formation des prospecteurs et en prenant en compte les résultats du projet : (1) critères de caractérisation phasaire plus précis devant permettre de renforcer très significativement la qualité des observations réalisées par les chefs de zone et prospecteurs sur ce paramètre clé de la biologie du criquet, et (2) nécessité d'améliorer la formation des prospecteurs sur les états phénologiques des imagos qui sont actuellement d'une fiabilité souvent douteuse ;
- **l'analyse de la pluviométrie en début de saison des pluies** (décembre et janvier) et la localisation des zones où il pleut plus de 150mm par mois (avec une attention particulière à la zone des foyers de grégarisation); une analyse complémentaire de la distribution temporelle des pluies au cours du mois devrait permettre de graduer le risque (plus les pluies sont régulièrement réparties, plus le risque est important ; les périodes sèches de plus de trois-quatre semaines devenant très défavorables) ;
- **la surveillance du déboisement** pouvant encore accroître l'étendue des biotopes de reproduction et nécessiter un accroissement local de la surveillance de certaines zones.

Cette stratégie devrait permettre de mieux maîtriser les accroissements importants de population et les risques de pullulations massives, voire d'une éventuelle invasion. Cela ne retire rien au fait que le criquet nomade est aussi et avant tout (et depuis des décennies dans le Sud), un problème de protection rapprochée des cultures, avec des pullulations locales fréquentes, auquel le CNA devra continuer à apporter une réponse par un encadrement étroit des communautés villageoises.

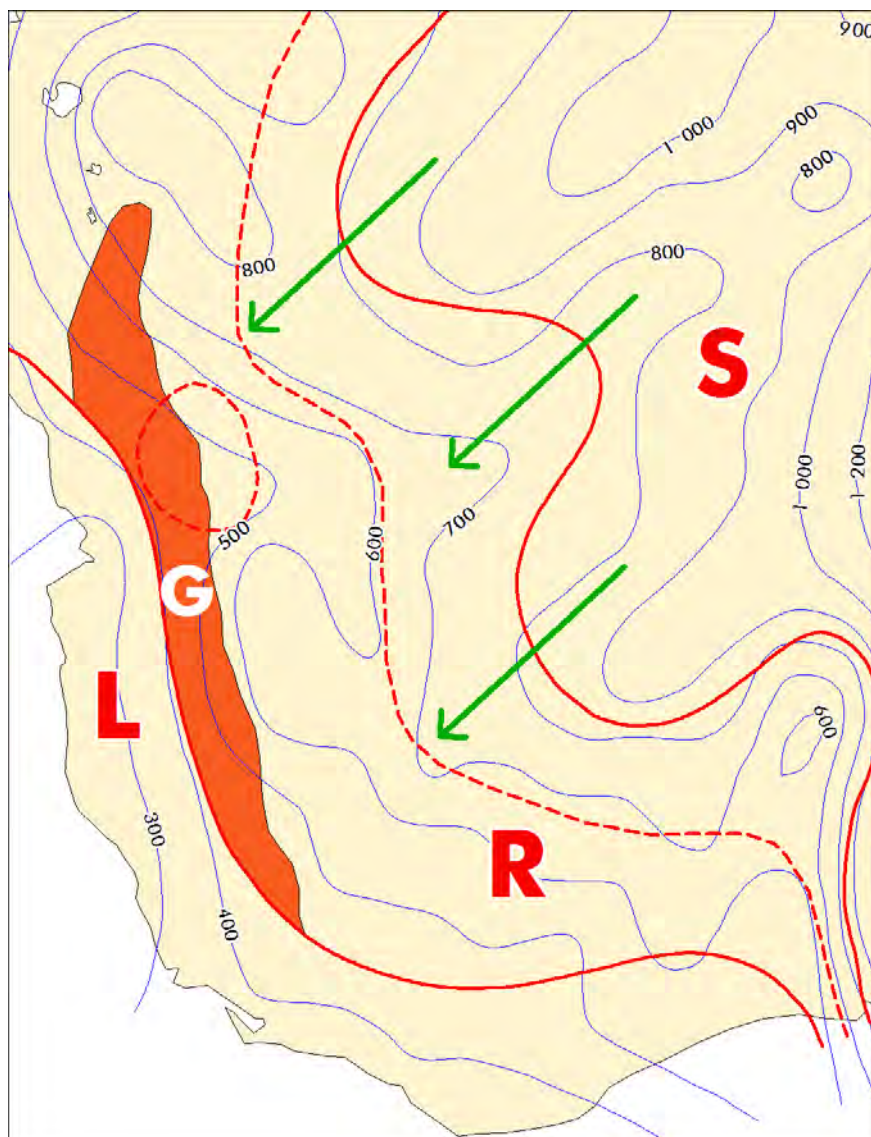


Figure 76. Les zones de reproduction et de grégarisation du criquet nomade dans le sud de Madagascar.

Synthèse prenant en compte les données sur le cycle biologique du criquet nomade et ses taux de reproduction, la pluviométrie, la végétation et la géologie.

S Zone refuge de saison sèche (plus de 800mm d'eau par an)

R Zones de reproduction de saison des pluies (entre 400 et 800 mm d'eau par an). Le pointillé rouge délimite, au sein de la zone de reproduction, la région (à l'ouest du trait) où sont observés en moyenne les taux de reproduction les plus élevés.

L Zone limite de l'extrême sud et sud-ouest (moins de 400mm d'eau par an)

G Zone renfermant les foyers de grégarisation les plus actifs

Les flèches vertes soulignent le mouvement de migration de début de saison des pluies, des zones refuges vers la zone de reproduction (et l'accumulation des imagos sur la limite est des massifs forestiers du plateau Mahafaly).

Quelques références bibliographiques sur le criquet nomade

Pour une bibliographie plus complète voir Luong-Skovmand et al., 2004.

- Bahana, J.W. & Byaruhanga, E.K.**, 1999. Advances and review of strategies for Red Locust Plague prevention : The control of Red Locust, *Nomadacris septemfasciata* (Serville) into the 21st century. *Insect Science and its Applications*, 19(4), 265-272.
- Burnett, G.F.**, 1951. Observations on the life-history of the Red locust, *Nomadacris septemfasciata* (Serv.) in the solidarity phase. *Bulletin of Entomological Research*, 42(2), 473-490.
- Chapman, R.F.**, 1959. Field observations on the behaviour of hoppers of the Red Locust (*Nomadacris septemfasciata* Serville). *Anti-Locust Bulletin*, 33, 1-51.
- COPR, 1982.** Locust and Grasshopper Manual. Centre for Overseas Pest Research. London. vii + 690 p.
- Descamps, M. & Wintrebert, D.**, 1966. Pyrogomorphidae et Acrididae de Madagascar. Observations biologiques et diagnoses (Orth. Acridoidea). *Eos (Revista Española de Entomología)*, 42(1-2), 41-263.
- FAO, 1967.** *Manuel antiacridien*. FAO et Anti-Locust Research Centre, Rome et Londres. 162 p.
- Faure, J.C.**, 1932. The phases of Locusts in South Africa. *Bulletin of Entomological Research*, 23(3), 293-405.
- Faure, J.C.**, 1935. The life history of the red locust (*Nomadacris septemfasciata*, Serville). *Bulletin of Department of Agriculture and Forestry, South Africa*, 144, 5-32.
- Franc A., Rabesisoa L., Luong-Skovmand M.H., Lecoq M.**, 2005. Phase polymorphism in the Red locust, *Nomadacris septemfasciata* (Orthoptera: Acrididae) in Madagascar. *International Journal of Tropical Insect Science* (Nairobi), 25 (3), 182-189.
- Frappa, C.**, 1935. Etude sur la sauterelle migratrice *Nomadacris septemfasciata* Serv. et sa présence à Madagascar de 1926 à 1935. *Bull. écon. Mad. (N. sér.)*, 3, 203-221.
- Frappa, C.**, 1936. Observations nouvelles sur la biologie de *Nomadacris septemfasciata* Serv. à Madagascar. *Bull. Soc. Hist. nat. Afr. Nord*, 27 : 326-358.
- Frappa, C.**, 1938. Madagascar : comportement du Criquet nomade (*Nomadacris septemfasciata*) de 1935 à 1938. *Moniteur International de la Protection des Plantes*, 13.
- Frappa, C.**, 1938. *Rapport sur la campagne de lutte anti-acridienne effectuée à Madagascar en 1937-1938*. Laboratoire d'entomologie, Bureau centre de la lutte antiacridienne à Madagascar, Tananarive. 35 p.
- Lecoq M., Franc A., Luong-Skovmand M.H., Raveloson A., Ravelombony V.** 2006. Ecology and migration patterns of solitary red locusts, *Nomadacris septemfasciata* (Serv.) (Orthop., Acrididae) in southwestern Madagascar. *Annales de la Société entomologique de France* 42(2):197-205.
- Luong-Skovmand M.H., Franc A., Rabesisoa L.F., Lecoq M.**, 2004. *Le Criquet nomade à Madagascar. Eléments de bibliographie*. Centre National Antiacridien / Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement / Projet français de contribution à la lutte antiacridienne : Montpellier (France), Tuléar (Madagascar). 96p.
- Michelmores, B.A.**, 1947. The habits and control of the red locust in outbreak areas and elsewhere. *Bulletin of Entomological Research*, 37, 331-379.
- Michelmores, A.P.G. & Allan, W.**, 1934. Observations on phases of the Red-winged Locust in Northern Rhodesia. *Bulletin of Entomological Research*, 25(1), 101-128.
- Randriamanantsoa, M.**, 1998. *Manuel sur la lutte antiacridienne*. Projet DPV – GTZ « Promotion de la protection intégrée des cultures et des denrées stockées ». Antananarivo. 284p.
- Randrianasolo, E.**, 1978. *Biologie et écologie comparées de deux acridiens (Orthoptera, Cyrtacanthacridinae) Cyrtacanthacris tatarica tatarica (Linné, 1758) et Nomadacris septemfasciata (Serville, 1838) dans le Sud-Ouest de Madagascar*. Thèse d'Université, ParisXI.
- Roblot, M.**, 1951. Le Criquet nomade (*Nomadacris septemfasciata* Serv.) au Soudan français. *Agronomie Tropicale*, 6(11-12), 565-605.
- Têtefort, J.P. & Wintrebert, D.** , 1963. Eléments d'acridologie pratique à Madagascar. *L'Agronomie Tropicale*, 9(sept.), 875-932.
- Têtefort, J.P. & Wintrebert, D.** , 1965. Note de mission au sujet de *Nomadacris septemfasciata* (Serville) et *Locusta migratoria* (L.) à Maurice et à la Réunion. *L'Agronomie Tropicale*, 6-7, 649-656.
- Têtefort, J.P. & Wintrebert, D.** , 1967. Ecologie et comportement du Criquet nomade dans le Sud-Ouest Malgache. *Annales de la Société entomologique de France*, 3(N.S.) : 3-30.

ANNEXES

Annexe 1. Le cas du plateau de Belomotra

Dès 2001, les premières enquêtes en milieu paysan réalisées au sein du sud-ouest malgache faisaient ressortir la région du plateau de Belomotra comme une zone d'exception (voir rapport de DEA d'Alfred Raveloson et Lecoq et al. 2006). On notait déjà que les imagos de criquet nomade étaient observés pendant toute la saison sèche, alors qu'ailleurs ils délaissent la zone de reproduction estivale – non loin de la bordure côtière sud-ouest - pour se localiser plus vers l'intérieur des terres au niveau des zones refuge, non loin des hautes terres centrales. Dans cette zone du plateau de Belomotra, les pullulations semblent maintenant s'amplifier année après année. Les imagos y demeurent en saison sèche, en densité si forte qu'ils constituent parfois de véritables essaims et souvent des vols clairs au comportement grégaire manifeste. Des traitements aériens ont dû être réalisés en octobre 2007 comme ils avaient dû également l'être en 2006.

Cette zone constitue une sorte de triangle délimité par les villes de Tuléar, Sakaraha, Tongobory. Ce triangle « TST » est limité au nord par la vallée du Fiherenana et au sud par la vallée de l'Onilahy. Des conditions particulières semblent pouvoir (1) favoriser la reproduction et entraîner des pullulations en saison des pluies et (2) favoriser le maintien des populations imaginales en saison sèche. Si les pullulations actuelles semblent nouvelles, on doit cependant noter que, lors de l'invasion de criquet migrateur des années 1997 à 2000, des pullulations de criquets nomades et des petits essaims avaient déjà été signalés et traités. On peut naturellement les considérer comme les prémices d'un phénomène qui allait s'amplifier.

On manque actuellement de données sur l'évolution des populations du criquet nomade dans cette région du fait, en particulier, des difficultés d'accès. Le CNA ne dispose que d'archives très succinctes et a, par ailleurs, noté une nette réticence des populations locales à signaler les pullulations.

En l'état actuel, quelques hypothèses peuvent être avancées :

(1) Depuis une dizaine d'années de nombreux **déboisements** ont été effectués et pourraient être responsables du phénomène. De tels déboisements ont cependant également été réalisés en d'autres régions sans que cela se soit accompagné de pullulations identiques de criquet nomade. Il faut donc que d'autres facteurs soient intervenus. Le déboisement n'ayant fait que remplacer le couvert forestier par des milieux de savanes arbustive et arborée, pouvant pour certains être favorables, mais sans que ce soit une spécificité du triangle TST.

(2) Dans le triangle TST les milieux ouverts par le déboisement se situeraient dans une région au **relief** ondulé permettant de créer le long des pentes un gradient d'humidité, et donc de biotopes, où le criquet nomade pourrait trouver plus facilement un choix de conditions plus ou moins propices à son développement. Le responsable de la section surveillance a récemment réalisé un survol en hélicoptère de cette zone et constaté la présence de nombreuses vallées, sinueuses, parfois profondément encaissées (falaises), et renfermant de nombreuses populations de criquet nomade.

(3) Les types de **cultures** pratiquées dans les milieux récemment ouverts (maïs en particulier...) et le fort degré d'embroussaillage seraient particulièrement propices au criquet nomade.

(4) Les types de **sols** de ces zones nouvellement déboisées pourraient également être plus largement propices à la ponte et au développement embryonnaire du criquet nomade dans le triangle TST qu'ailleurs.

(5) Des **pluies** abondantes, très excédentaires, survenues au cours de ces dernières années (cyclones), auraient créé des conditions particulièrement favorables au criquet nomade et favorisé la multiplication des populations.

(6) Les conditions locales plus longtemps favorables en saison sèche favoriseraient le **maintien sur place** des populations. Le relief très accidenté et les vallées très contournées ne favoriseraient pas les migrations à grande distance vers des aires refuge de saison sèche comme cela est la règle pour les autres populations du sud.

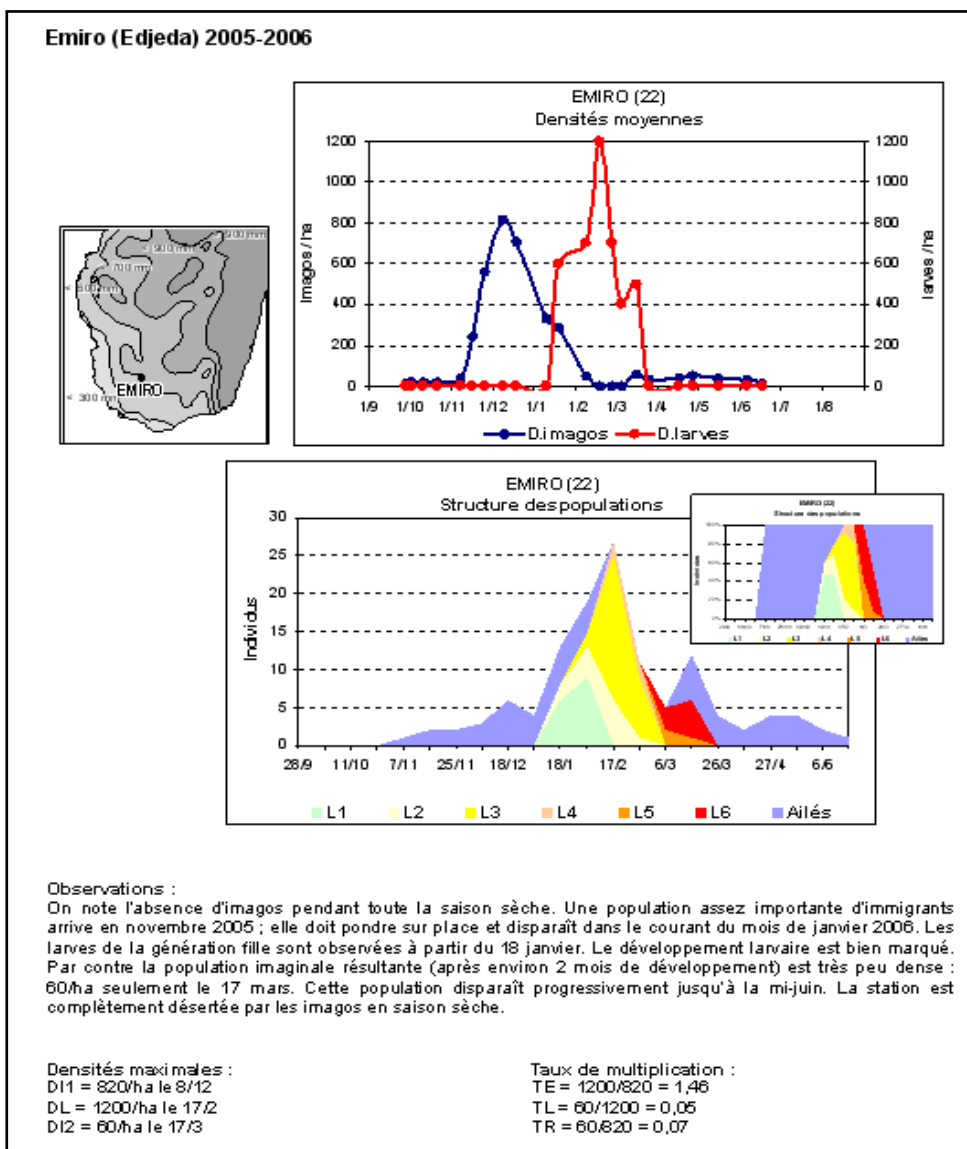
Un ensemble de facteurs seraient donc à faire intervenir pour expliquer l'originalité de cette région et les pullulations de criquet nomade que l'on y observe. Il convient de rassembler les informations pour étayer les hypothèses précédentes. D'un point de vue pratique, il semble indispensable de renforcer la surveillance de cette zone afin de pouvoir entreprendre des traitements précoces sur les populations larvaires si possible ou sur les populations imaginales en saison sèche.

Annexe 2. Cycle biologique du criquet nomade sur les stations les plus prospectées par le CNA pour les années 2004-2005 et 2005-2006

(stations présentées par année et par fréquence de prospection décroissante)

A partir des résultats des prospectons conduites par le CNA, les cycles biologiques du criquet nomade ont été analysés par localité (pour celles ayant été prospectées plus de 10 fois sans la saison) pour les années 2004-2005 et 2005-2006. Les localités sont ici présentées par fréquences de prospections décroissantes. Pour chaque localité (ou station) la fiche comporte les éléments suivants :

- Nom de la station, nom du poste acridien (entre parenthèses), saison
- Carte de localisation de la station (avec indication de la pluviométrie moyenne annuelle sur le Sud)
- Evolution des densités de larves et d'imagos (axe chronologique du 1/9 au 31/8 de chaque saison)
- Evolution de la structure des populations (L1 à L6 et imagos) (uniquement aux dates pour lesquelles des structures de population ont été disponibles ; éventuellement avec deux modes de représentation pour mieux faire ressortir la chronologie du développement larvaire)
- Le chiffre figurant entre parenthèses après le nom de la station correspond au nombre de prospections réalisées dans la saison.
- Observations : court descriptif des événements acridiens majeurs sur la station au cours de la saison.
- Densités maximales : densités maximales d'imagos pour les générations 1 (parentale) et n+1 (descendance) et densité maximale de larves (génération n+1).
- Taux de multiplication : TE (embryonnaire), TL (larvaire), TR (global)



Poste	Station	Latitude	Longitude	2004-2005	2005-2006	CB
Betioky	Itomboina	-23,8703	44,0954	?	?	?
Ejeda	Anamonty	-24,2919	44,7046		?	?
Beahitse	Ankalirano	-24,2478	44,2644		?	?
Beloha	Beloha TA	-25,1517	45,0662	0		L
Beloha	Nandehoa	-25,1680	45,0662	0		L
Toliary	Andranomena (Tol)	-23,3914	43,7451	L	0	L
Toliary	Miary	-23,2975	43,7095	L	0	L
Toliary	Ankilibe (Tol)	-23,4250	43,7445	L	0	L
Ambovombe	Ambonaivo	-25,2196	45,9104		0	L
Amboasary	Behoake	-25,0829	46,4466		0	L
Beloha	Ianademby	-25,3890	44,9879		0	L
Beloha	Lavanono	-25,4311	44,9682		0	L
Ambovombe	Sarihangy	-25,1020	46,1168		0	L
Ambovombe	Ambazoa	-25,3292	45,9260		L	L
Ambovombe	Ampamolora	-25,0625	46,0275		L	L
Amboasary	Anarafaly	-24,9188	46,2073		L	L
Beloha	Anjedava	-25,2310	44,7012		L	L
Amboasary	Ankitry	-25,0882	46,3385		L	L
Beloha	Ikopoky	-25,2085	45,2052		L	L
Beloha	Saromilitsy	-25,2099	44,7797		L	L
Ambovombe	Soatsifa	-25,1020	46,1168		L	L
Beloha	Tranovaho	-25,2896	44,9810		L	L
Betioky	Besakoa (Btk)	-23,9111	44,4096	?	R	R
Amboasary	Ankiriakiry	-24,9994	46,3854	R	L	R
Ejeda	Fotadrevo TA	-24,0305	45,0269	R	R	R
Bekily	Ankilibe (Bkl)	-24,2278	45,2288	R		R
Ejeda	Belafika Haut	-24,3010	44,6688	R	R	R
Beahitse	Ilembo	-24,0889	44,2841	R	R	R
Beahitse	Ivovo	-24,1756	44,4172	R	R	R
Ejeda	Sakanay	-24,3363	44,5156	R	R	R
Beahitse	Antoby (Bea)	-24,0988	44,2556	R	R	R
Betioky	Antoby (Btk)	-23,5667	44,7166	R	R	R
Betioky	Antsakoandahy	-23,7542	44,4212	R	R	R
Ejeda	Besakoa (Ejd)	-24,3683	44,5156	R	R	R
Sakaraha	Bevato	-23,0308	45,2514	R	R	R
Beahitse	Sainta	-24,0655	44,4001	R	R	R
Ejeda	Vohitany	-24,1262	44,7562	R	R	R
Sakaraha	Andriabe	-22,8861	44,5244	R	R	R
Betioky	Besatra	-23,7915	44,4132	R	R	R
Ejeda	Emiro	-24,2522	44,7845	R	R	R
Sakaraha	Bemita	-22,6401	44,2896	R	R	R
Bekily	Mitsinjo (Bkl)	-24,0900	45,5230	R		R
Bekily	Nord Ambahita	-23,9938	45,2577	R		R
Bekily	Tsikolake	-24,1986	45,3567	R		R
Toliary	Masiakampy	-23,2707	44,0076	R	?	R
Toliary	Antsakoamileka	-23,2664	43,9564	R	L	R
Toliary	Vorondreo Vaovao	-23,1137	44,1567	R	R	R
Beahitse	Nord Beomby	-24,2270	44,2452	R		R
Bekily	Antsakoamasy	-24,3997	45,1644	ZI		R
Sakaraha	Besakoa (Sak)	-22,7373	44,8858	ZI		R
Ejeda	Belambo Ambony	-24,3010	44,6688		R	R
Ejeda	Tsiambava	-24,2374	44,9453		R	R
Betioky	Ambinjo	-23,7471	44,0927		R	R
Betioky	Ankazomanga	-23,6625	44,1519		R	R
Betioky	Andremba	-23,9678	44,2080		R	R
Sakaraha	Ankiliarivo (Sak)	-22,8747	45,4469		R	R
Sakaraha	Mahabo (Sak)	-23,1641	44,8283		R	R
Sakaraha	Toetromby	-23,1044	44,2215		R	R
Betroka	Belegnalegna (Btr)	-22,4949	45,5642	S	R	S
Ranohira	Andriamanero	-22,3682	45,4059	S	S	S
Betroka	Angebolava	-23,6022	45,5505	S	S	S
Ranohira	Ankazotelo	-22,4545	45,8364	S	S	S
Ranohira	Belegnalegna (Ran)	-22,4984	45,5631	S	S	S
Betroka	Belinta	-23,5831	45,7519	S	S	S
Ranohira	Mitsinjo	-22,5349	45,4265	S	S	S
Betroka	Morahariva	-23,2850	46,0632	S	S	S
Ranohira	Sakamaningy	-22,5119	45,4845	S	S	S
Ranohira	Satrokala	-22,3387	45,6923	S	S	S
Betroka	Ankomanga	-23,3483	46,1197	S	Sr	S
Betroka	Analamary	-23,2333	45,8666	S	Sr	S
Ranohira	Ankatsaka	-22,4998	45,7000	S		S
Ranohira	Ankazotelo 2	-22,5236	45,6500	S		S
Betroka	Benato TA	-23,1321	45,8818	S		S
Betroka	Bepeha	-23,0667	45,9500	S		S
Bekily	Maroviro	-24,1560	45,6231	S		S
Betroka	Saheny	-23,3667	45,9500	S		S
Betroka	Sakoamasy	-23,1833	46,0333	S		S
Betroka	Vohitelo	-23,4731	45,4333	S		S
Ihosi	Mahabo (Ihs)	-22,4435	45,8623	Sr	S	S
Ihosi	Mangona	-22,3859	45,9820	Sr	S	S
Ihosi	Marofivango	-22,1959	46,2268	Sr	S	S
Ihosi	Vatovaky	-22,1412	46,4009	Sr	S	S
Ihosi	Ankifio	-22,2833	46,0666	Sr	Sr	S
Ihosi	Andranomasy	-22,3952	46,3010	Sr	Sr	S
Ranohira	Ankatrakatraka	-22,4985	45,7030		Sr	S

Liste des stations analysées classées par type de cycle biologique

R cycle des zones de reproduction

L cycle de la zone limite sud

S cycle de la zone refuge de saison sèche

Sr cycle de la zone refuge de saison sèche avec une petite reproduction locale avortée

ZI cycle intermédiaire

? incertitude sur le type de cycle

Blanc : absence de données

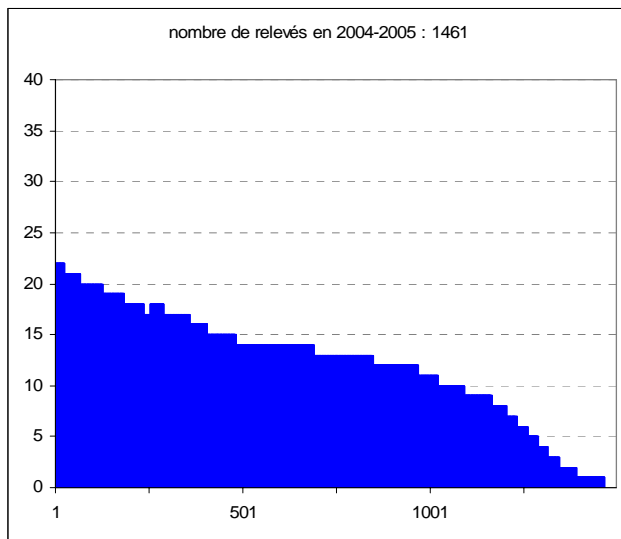
2004-2005 et 2005-2006 : saisons acridiennes

CB type de cycle biologique faisant la synthèse des données des deux saisons analysées

La saison 2004-2005



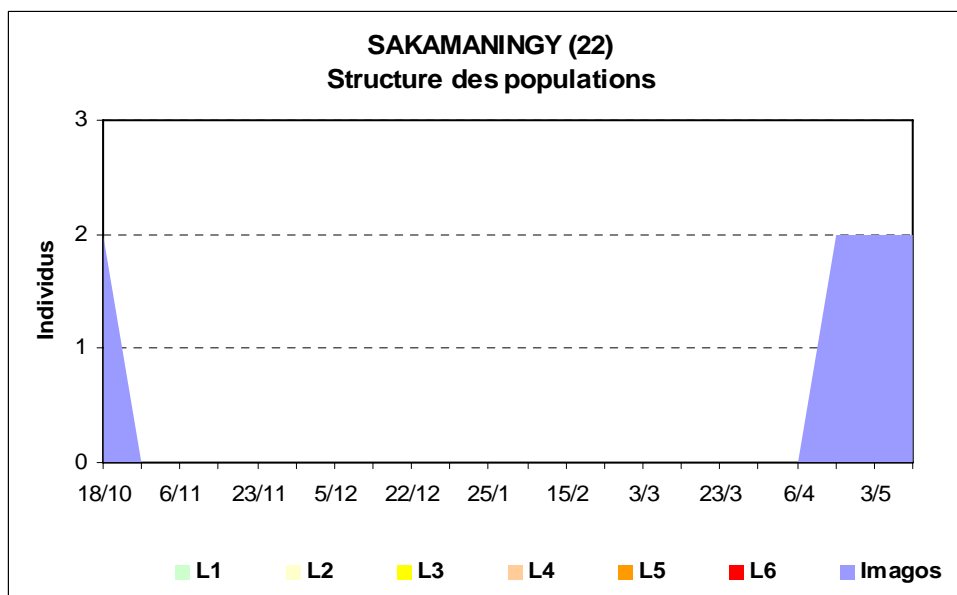
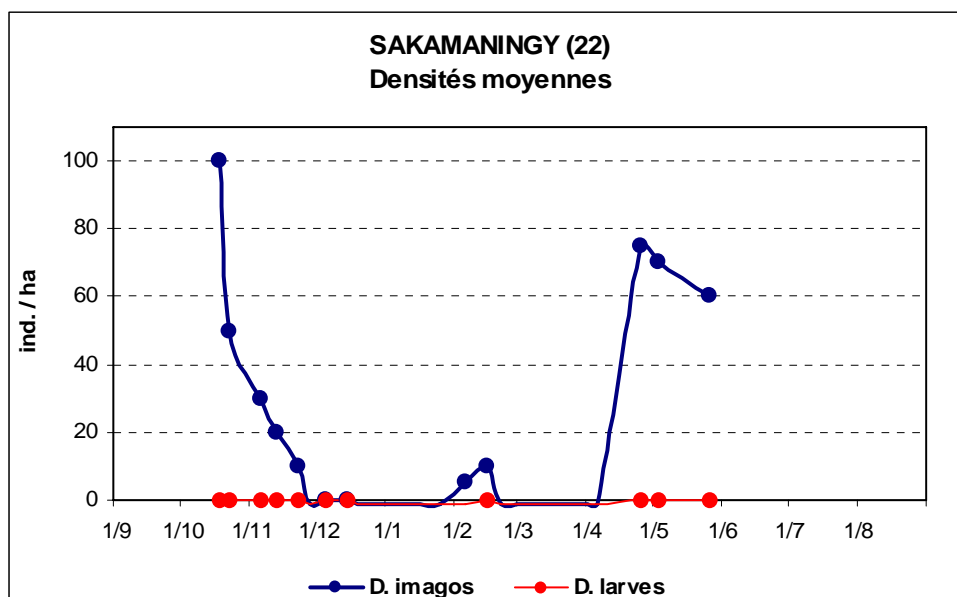
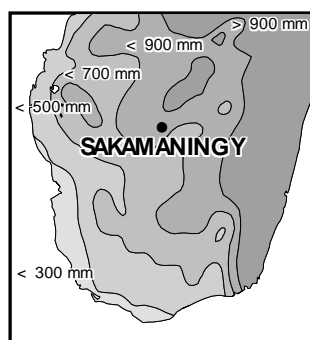
Carte des stations prospectées en 2004-2005.



Nombre de relevés par station en 2004-2005.

En abscisse les prospections, en ordonnées le nombre total de prospections.

Sakamangingy (Ranohira) 2004-2005



Observations :

Le criquet nomade n'est présent sur cette station qu'en saison sèche. La densité imaginale (100/ha le 18/10) chute brutalement début novembre et s'annule début décembre. Aucune larve n'est observée en saison des pluies. Mis à part deux imagos observés en février, la densité imaginale n'augmente de nouveau qu'à la fin du mois d'avril et début mai sous l'effet d'un apport de population allochtone. La densité semble se maintenir en saison sèche.

Densités maximales :

dl1 = 100/ha le 18/10

dL= 0

dl2 = 75 / ha le 25/4

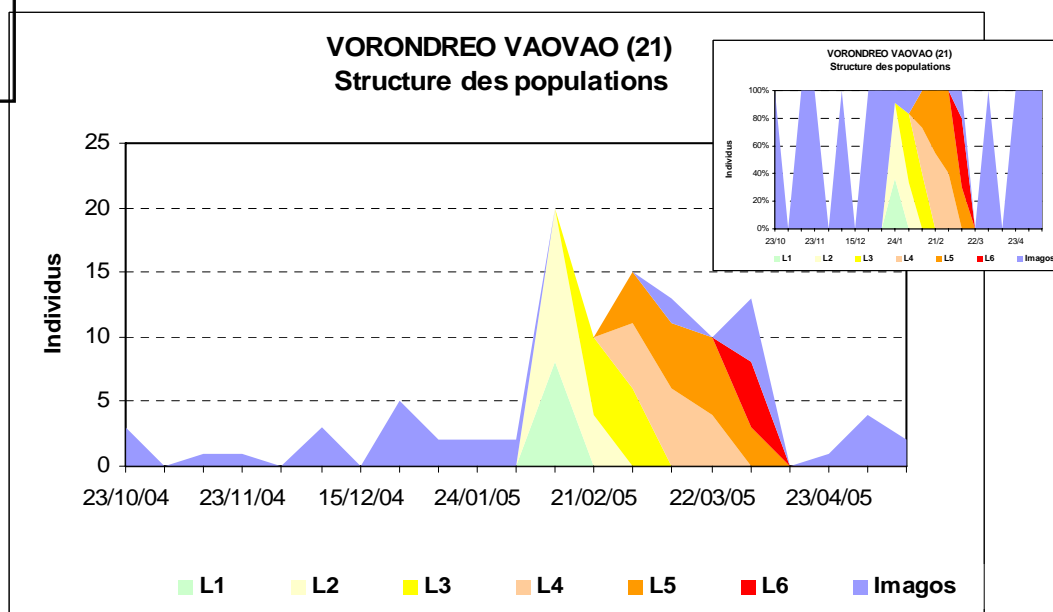
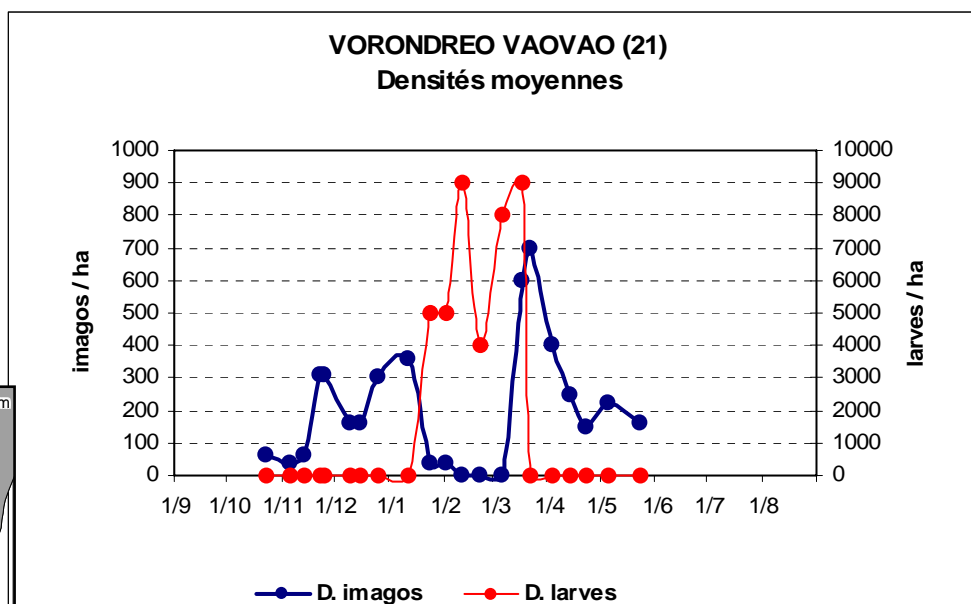
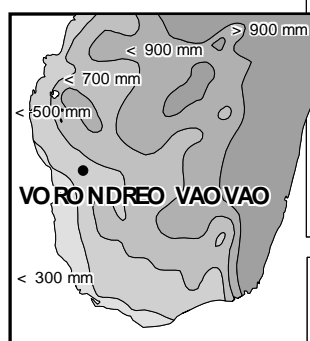
Taux de multiplication :

TE = 0

TL = 0

TR = 0

Vorondreo Vaovao (Tuléar) 2004-2005



Observations :

Alors que la densité imaginale est très faible en fin de saison sèche, elle augmente soudainement en novembre passant de 60/ha le 13 à 310/ha le 25/11. La densité imaginale décroît ensuite en janvier puis s'annule début février (0/ha le 11/2). Les larves apparaissent en assez forte densité dès le 24 janvier. La densité maximale de larves est de 9000/ha les 11/2 et 17/3. Le développement larvaire est très cohérent et bien suivi. Les jeunes imagos de la nouvelle génération sont notés dès le 17 mars. La densité imaginale culmine à 700/ha le 22 mars. Elle décroît ensuite rapidement avec l'avancée de la saison sèche.

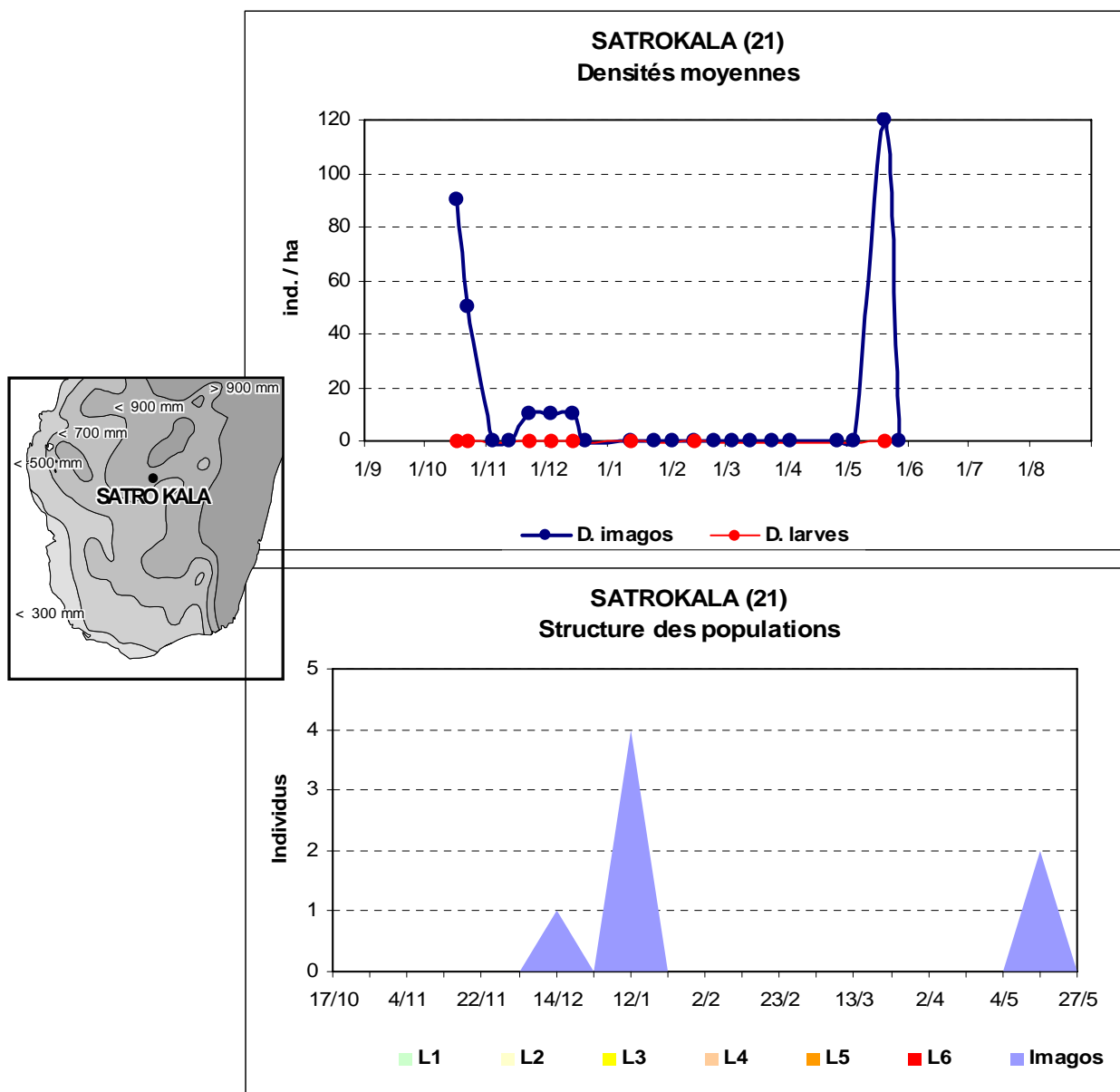
Densités maximales :

dl1 = 360/ha le 11/1
dL = 9000/ha (11/2 et 17/3)
dl2 = 700/ha (le 22/3)

Taux de multiplication :

TE = $9000/360 = 25,00$
TL = $700/9000 = 0,08$
TR = $700/360 = 1,94$

Satrokala (Ranohira) 2004-2005



Observations :

La densité de criquets nomades reste très faible sur cette station. Les imagos disparaissent très tôt en fin de saison sèche : dès le mois d'octobre 2004 la densité chute rapidement ; elle s'annule dès le 21 décembre. Aucun développement larvaire n'est observé en saison des pluies. Les imagos ne réapparaissent que brièvement au cours de la saison sèche 2005 avec le passage d'une population allochtone observée le 20 mai.

Densités maximales :

dI1 = 90/ha le 17/10

dL = 0

dI2 = 120/ha le 20/5 (population allochtone)

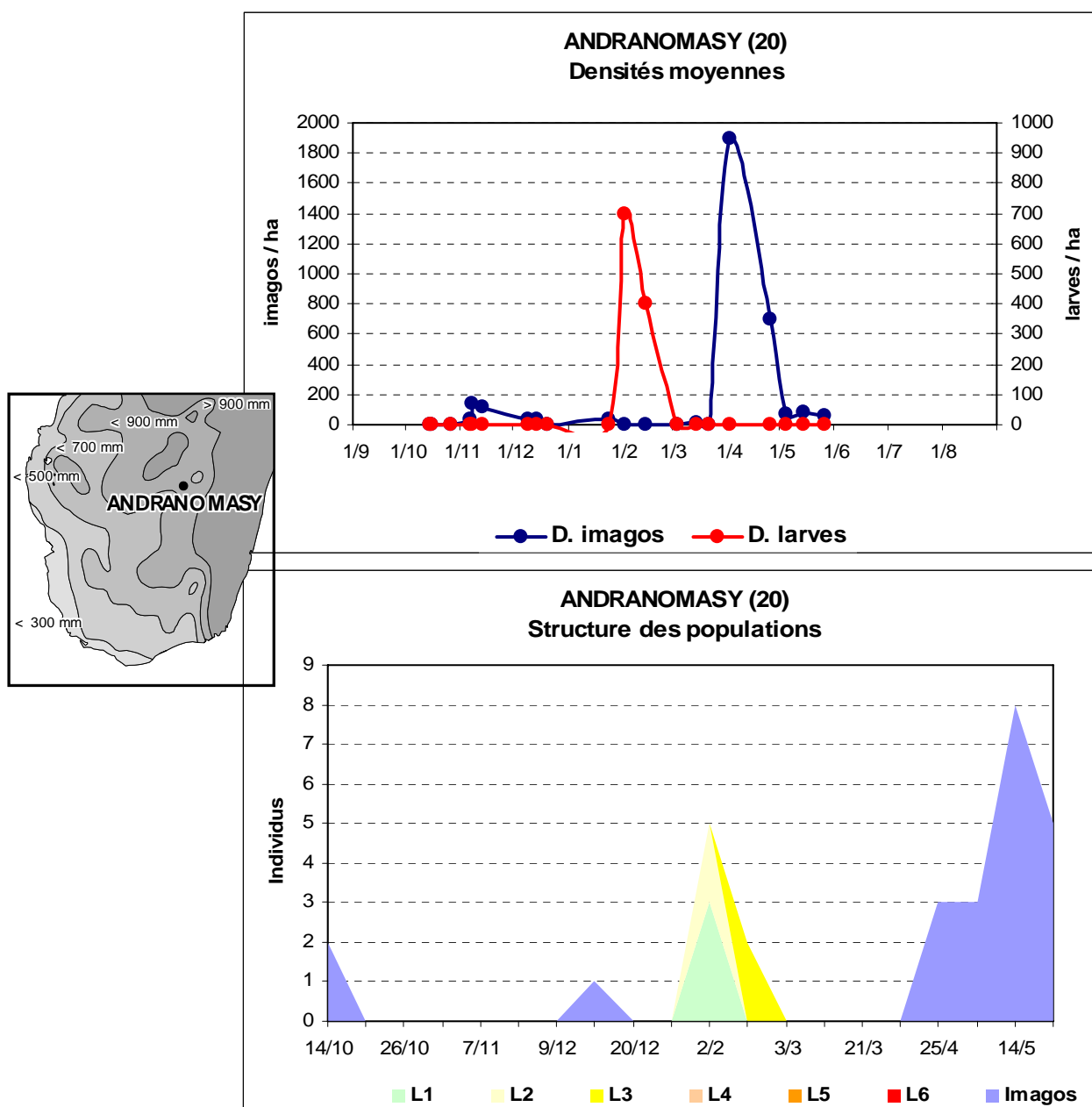
Taux de multiplication :

TE = 0

TL = 0

TR = 0

Andranomasy (Ihosy) 2004-2005



Observations :

La population imaginale est très faible en fin de saison sèche. Les larves sont observées en saison des pluies, mais l'échantillonnage a été insuffisant pour bien suivre la chronologie du développement. Les 1900 imagos par hectare noté le 2 avril sont sans doute allochtones vu l'écart de dates entre les dernières larves observées et les premiers jeunes imagos.

Densités maximales :

dI1 = 140/ha le 7/11

dL = 700/ha le 2/2

dI2 = 1900/ha le 2/4 (population allochtone ?)

Taux de multiplication :

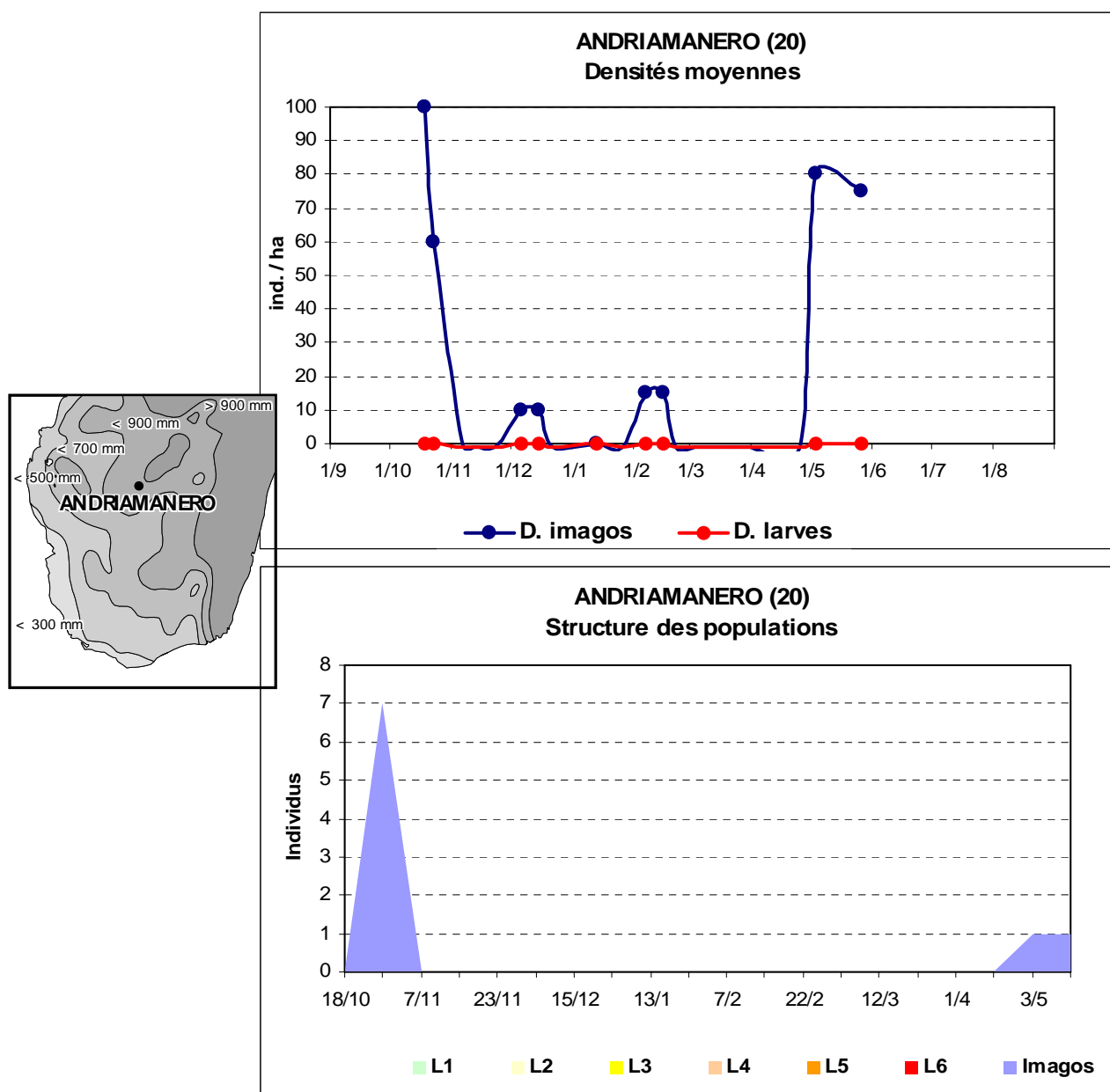
TE = $700/140 = 5,00$

TL = $1900/700 = (2,71)$ (*)

TR = 0

(*) Le taux de réussite du développement larvaire ne peut être supérieur à 1 (si pas de mortalité entre larves et imagos) ; un tel taux supérieur à 1 est impossible et résulte de l'imprécision des observations.

Andriamanero (Ranohira) 2004-2005



Observations :

Le cycle observé sur cette station est typique d'une zone refuge de saison sèche. Les imagos – en densité très faible - sont uniquement présents au cœur de la saison sèche. La densité imaginale chute rapidement dès le début du mois de novembre passant de 100/ha le 18 octobre à une valeur nulle le 7 novembre. Aucune larve n'est observée en saison des pluies. La densité imaginale n'augmente de nouveau qu'avec l'arrivée de populations allochtones en début de saison sèche 2005 (80/ha le 3 mai).

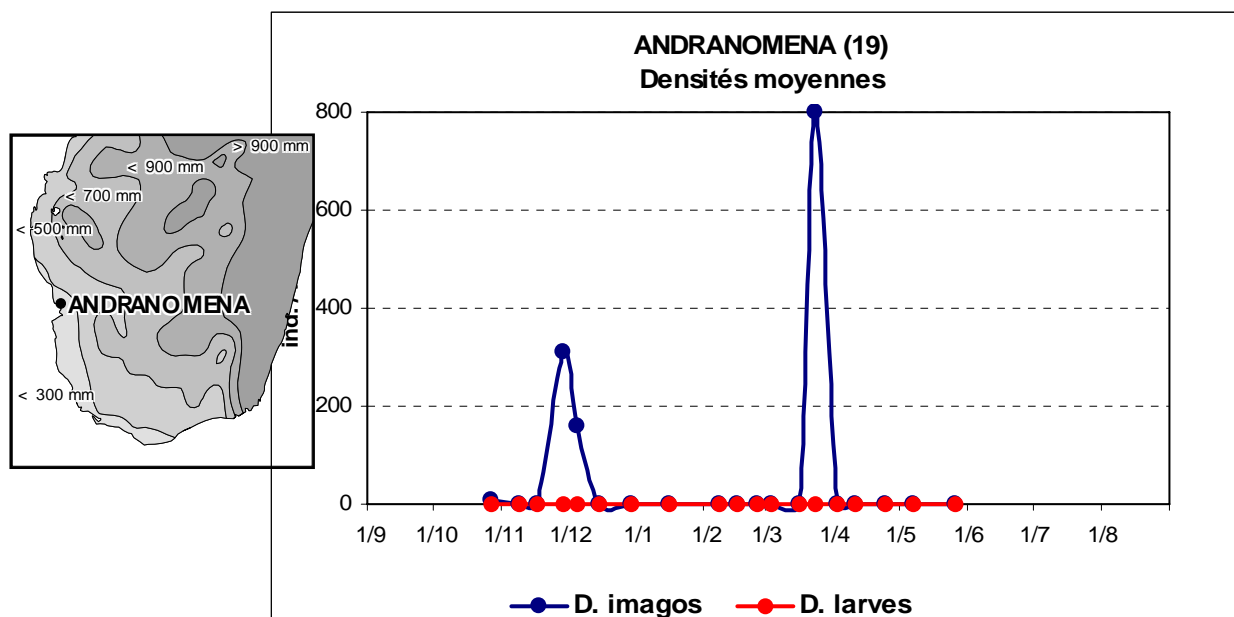
Densités maximales :

dI1 = 100/ha le 18/10
dL = 0
dI2 = 80/ha le 3/5

Taux de multiplication :

TE = 0
TL = 0
TR = 0

Andranomena (Tuléar) 2004-2005



Observations :

Le criquet nomade est généralement absent de cette station. Le densité imaginale n'est que de 10 imagos par hectare le 27/10 et devient nulle dès le 9/11. On ne note au court de la saison que deux brefs passages significatifs de populations allochtones, le premier entre le 29 novembre et le 5 décembre (sans doute une population mature à la recherche de lieux de ponte), et le second encore plus bref le 23 mars (devant correspondre à une population de jeunes imagos de la nouvelle génération. Aucune larve n'est observée sur cette station.

Densités maximales :

dI1 = 310/ha le 29/11

dL = 0

dI2 = 800/ha le 23/3

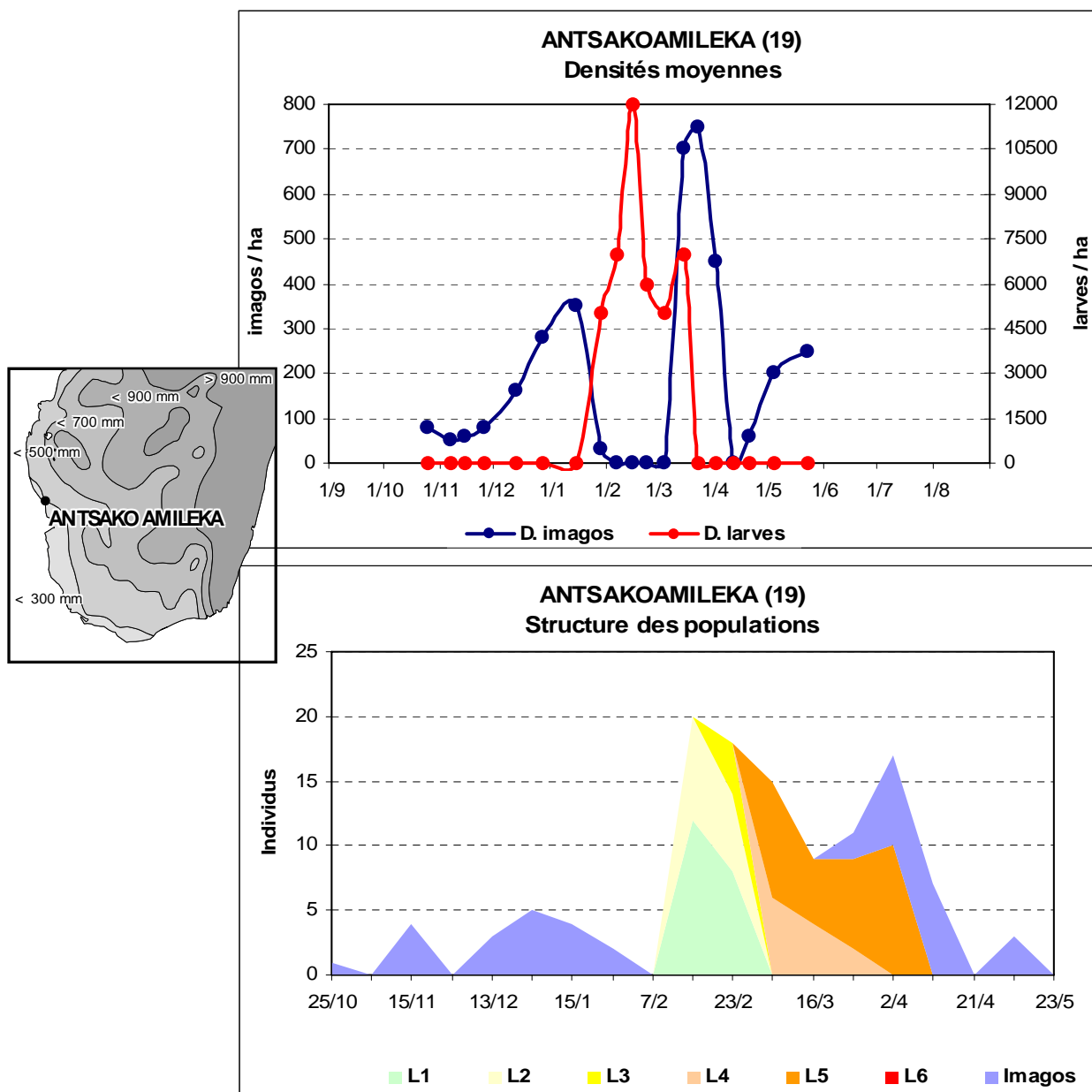
Taux de multiplication :

TE = 0

TL = 0

TR = 0

Antsakoamileka (Tuléar) 2004-2005



Observations :

Le cycle du criquet nomade est bien marqué sur cette station. On observe des arrivées de populations allochtones en début de saison des pluies, suivie de leur disparition dès la fin du mois de janvier. Les larves apparaissent le 29/1 et sont observées jusqu'au 16 mars, date à laquelle les premiers jeunes imagos apparaissent. Le développement larvaire est bien suivi et cohérent, seules les larves de stades 6 n'ont pas été observées. En début de saison sèche la densité imaginale décroît rapidement. En résumé, on a là le cycle typique d'une station de reproduction. Le développement embryonnaire semble avoir bien réussi ($TE = 34$) et le taux global de reproduction d'une génération à l'autre est bon ($TR = 2$).

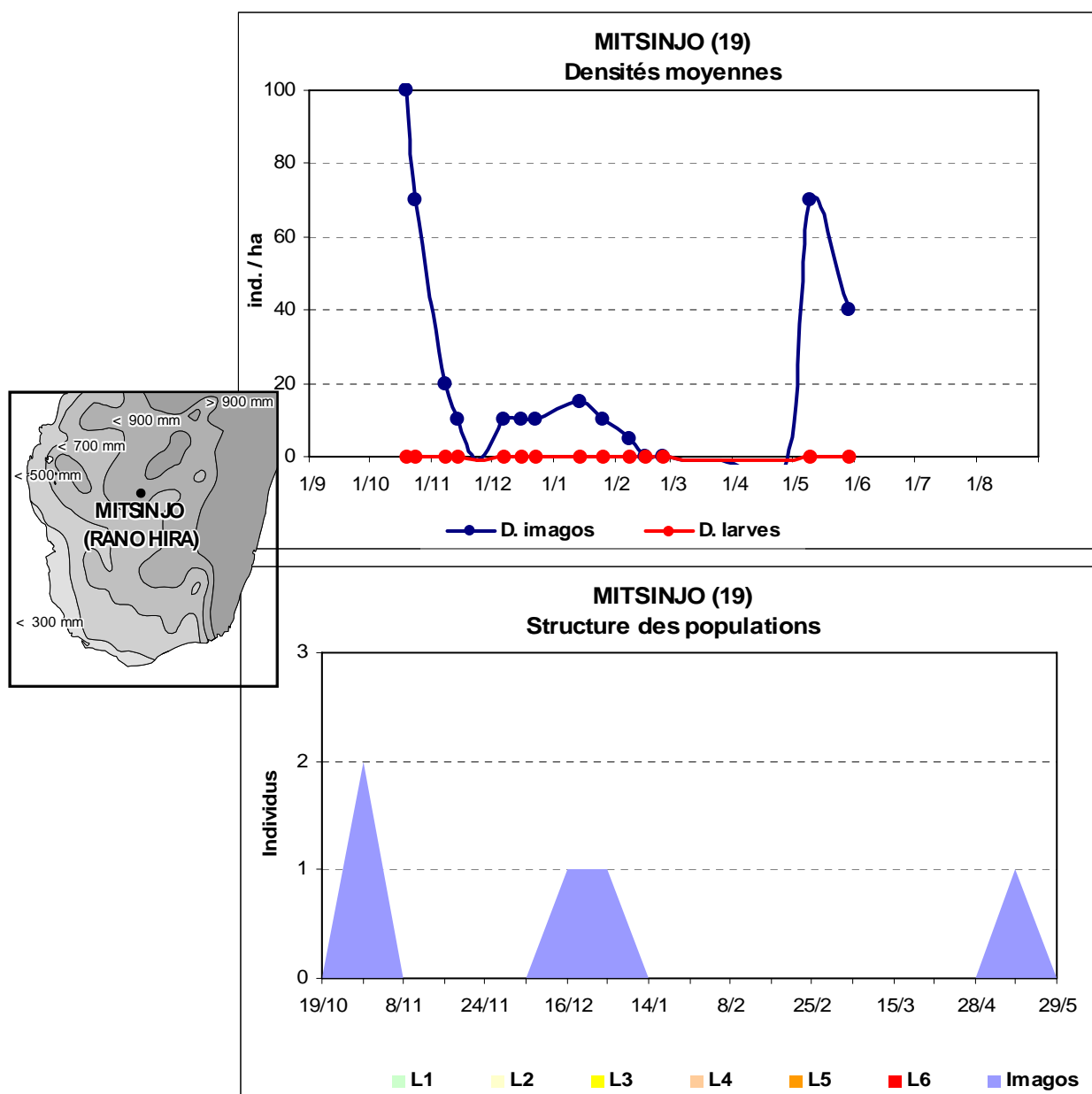
Densités maximales :

$dI1 = 350/ha$ le 15/1
 $dL = 12000/ha$ le 15/2
 $dI2 = 750/ha$ le 23/3

Taux de multiplication :

$TE = 12000/350 = 34,23$
 $TL = 750/12000 = 0,06$
 $TR = 750/350 = 2,14$

Mitsinjo (Ranohira) 2004-2005



Observations :

La densité de criquets nomades reste faible sur cette station. La densité imaginale passe de 100/ha le 19/10 à 20/ha le 19/11 puis s'annule le 24/11. Cette baisse de densité est sans doute le reflet de l'émigration de la population imaginale en début de saison des pluies vers les zones de reproduction. Quelques rares imagos sont encore observés en décembre et janvier. Aucune larve n'est notée en saison des pluies. Une petite population imaginale apparaît en début de saison sèche 2005. La densité passe alors de 0/ha le 28 avril à 70/ha le 9 mai. Le cycle observé sur cette station est typique d'une zone refuge de saison sèche.

Densités maximales :

dl1 = 20/ha le 19/11

dL= 0

dl2 = 70/ha le 9/5

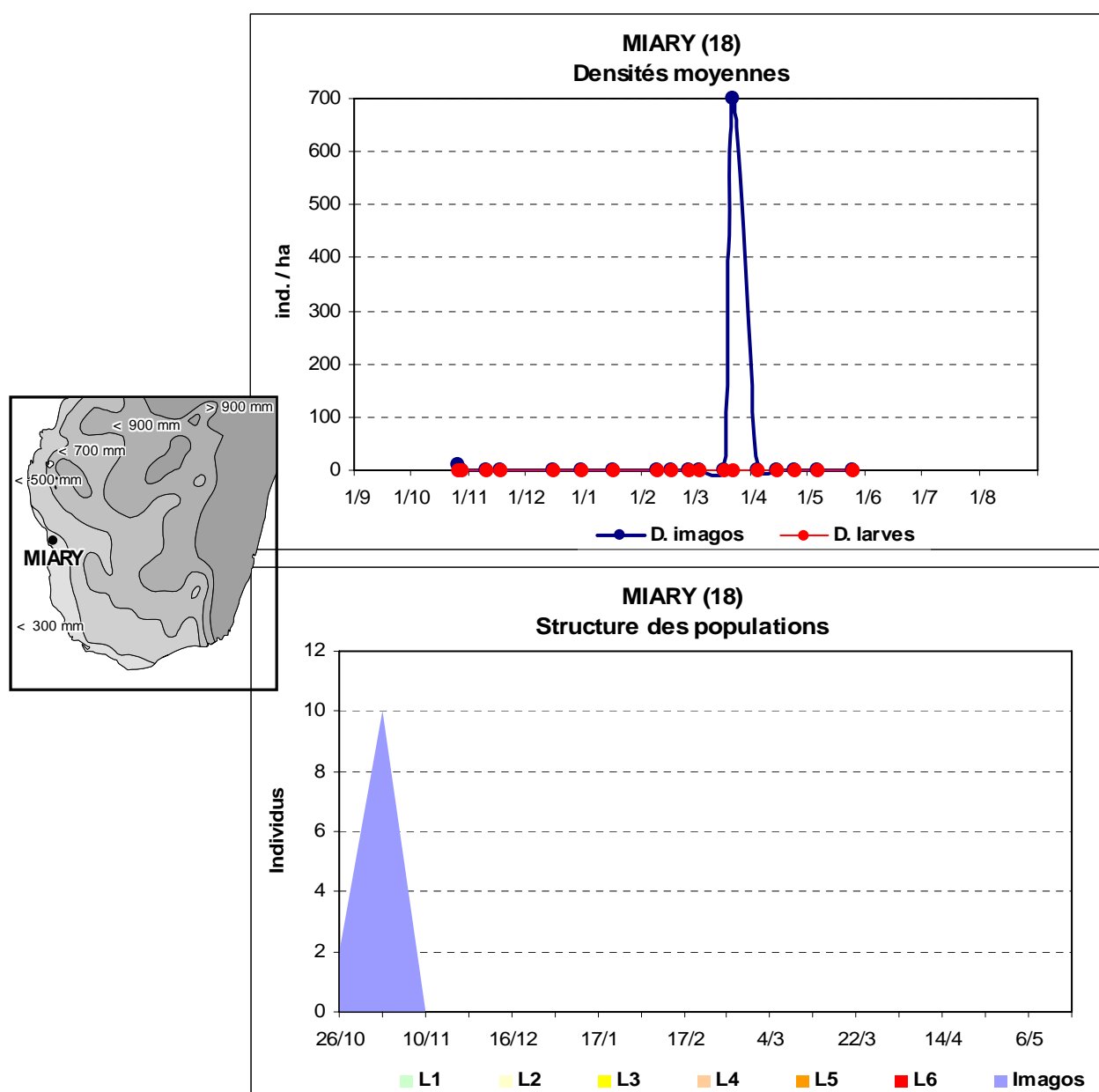
Taux de multiplication :

TE = 0

TL = 0

TR = 0

Miary (Tuléar) 2004-2005



Observations :

Le criquet nomade est quasi absent de cette station. Une densité de 10 imagos par hectare est observé le 26 octobre 2004, mais la densité repasse à zéro dès le 28/10. En 2005, un bref passage d'une population migrante est observé le 22 mars avec une densité de 700/ha. Le reste du temps la densité, tant d'imagos que de larves, est restée nulle. Ce cycle est typique de celui d'une station des aires limites de l'extrême sud malgache.

Densités maximales :

dI1 = 10/ha le 26/10

dL = 0

dI2 = 700/ha le 22/3

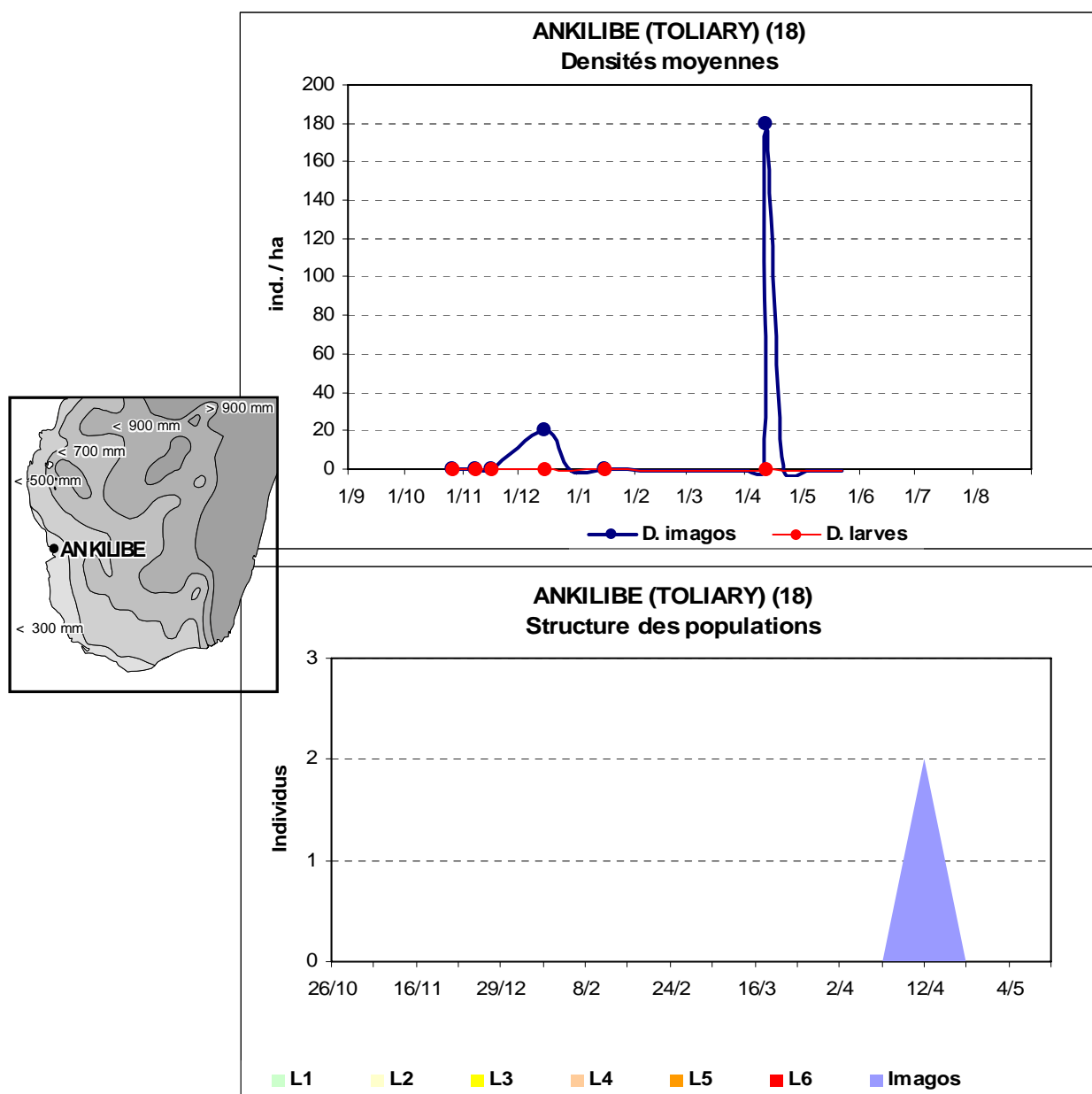
Taux de multiplication :

TE = 0

TL = 0

TR = 0

Ankilibe (Tuléar) 2004-2005



Observations :

Le cycle sur cette station est fort voisin de celui observé sur Miary. Une petite population migrante est observée le 14/12 (20/ha) et une plus importante, de la génération fille, le 22 avril (180/ha). Le reste du temps aucun criquet nomade n'a été observé. Ce cycle est typique de celui d'une station des aires limites de l'extrême sud malgache.

Densités maximales :

dI1 = 20/ha le 14/12

dL = 0

dI2 = 180/ha le 22/4

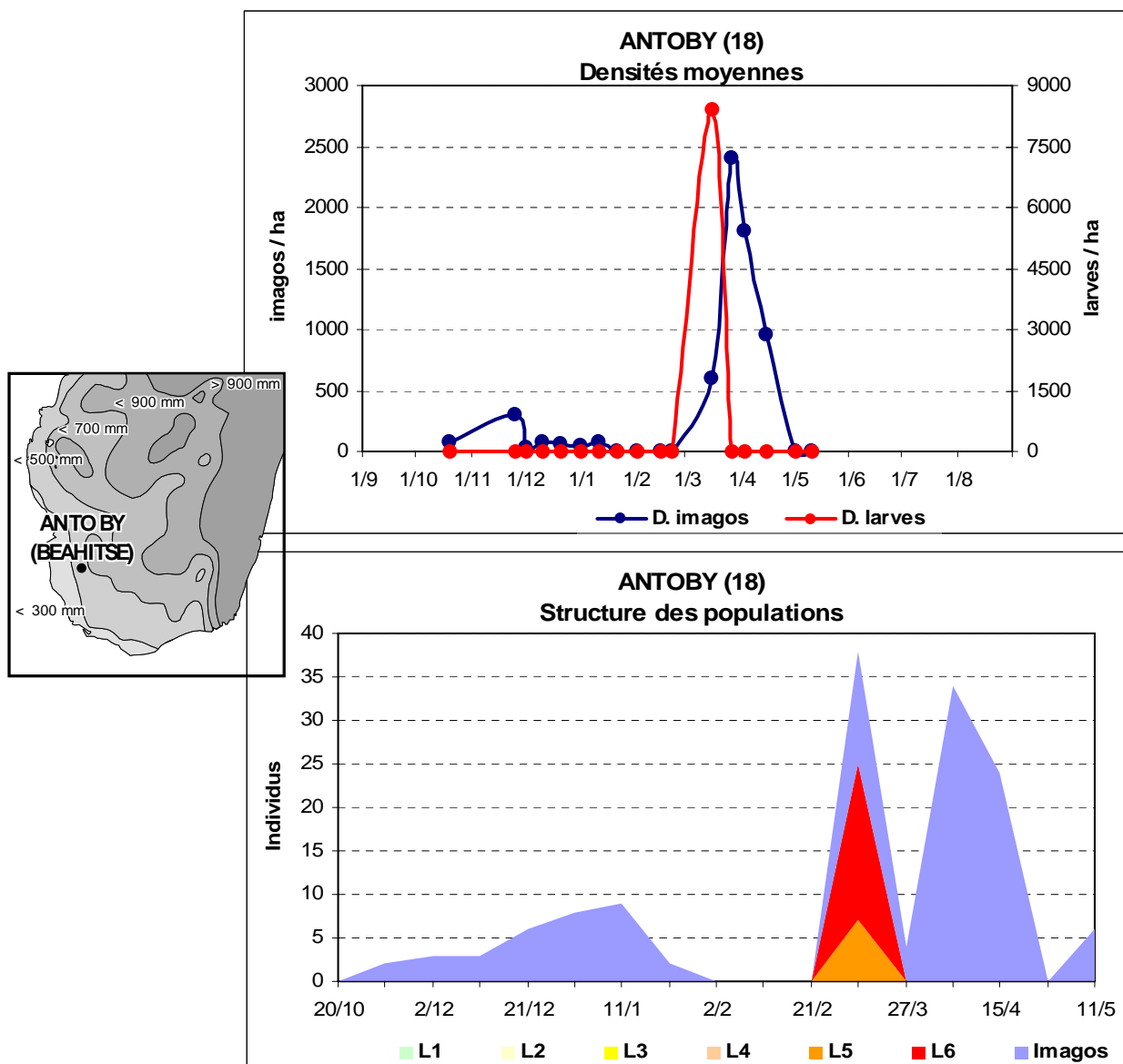
Taux de multiplication :

TE = 0

TL = 0

TR = 0

Antoby (Beahitse) 2004-2005



Observations :

La densité imaginale augmente en début de saison de pluies, passant de 70/ha le 20/10 à 300/ha le 25/11. Elle décroît ensuite rapidement et s'annule à partir du 22 janvier. Le développement larvaire est malheureusement mal suivi et seules les larves les plus âgées (L5 et L6) ont été observées, avec une densité importante de 8400/ha le 16 mars. Les jeunes imagos sont notés dès le 16 mars (600/ha) et leur densité culmine à 2400/ha le 27 mars. Cette jeune population disparaît ensuite rapidement. La densité imaginale passe à 1800/ha le 3 avril, 950/ha le 15 avril, puis s'annule à partir du 2 mai. Même si le début du développement larvaire n'a pu être observé, ce cycle est typique de celui d'une station de reproduction.

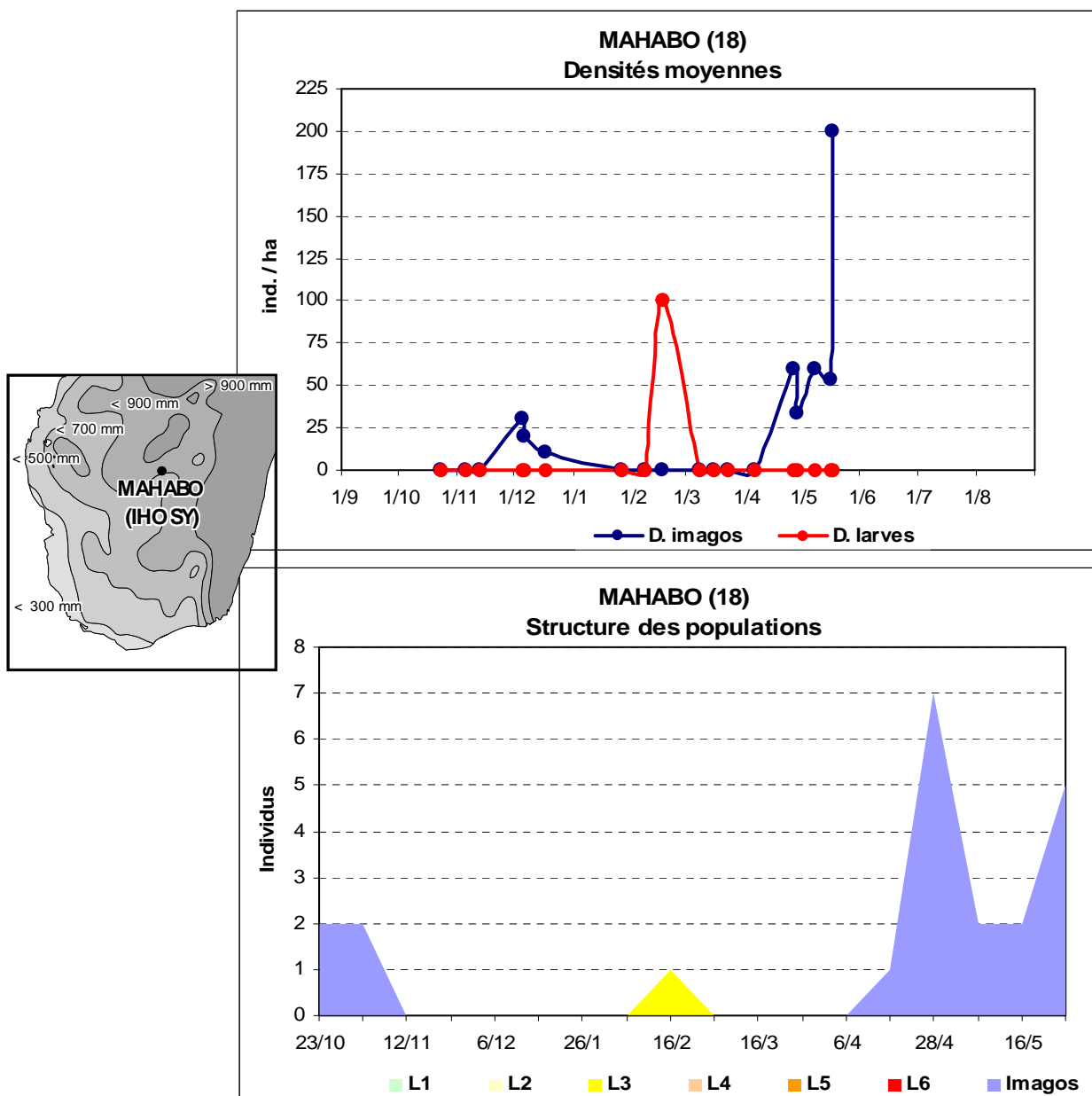
Densités maximales :

dI1 = 300/ha le 25/11
dL = 8400/ha le 16/3
dI2 = 2400/ha le 27/3

Taux de multiplication :

TE = $8400/300 = 28,0$
TL = $2400/8400 = 0,29$
TR = $2400/300 = 8,0$

Mahabo (Ihosi) 2004-2005



Observations :

La densité imaginale est très faible sur cette station en début de saison des pluies (30/ha le 5/12). Les larves ne sont observées qu'une seule fois, en faible densité (100/ha) le 16 avril. Aucune larve âgée et aucun jeune imago autochtone. La densité imaginale n'augmente qu'à partir de la fin du mois d'avril et atteint 200/ha le 17 mai, sous l'effet d'arrivées successives d'imagos allochtones.

Densités maximales :

dI1 = 30/ha le 5/12

dL = 100/ha le 16/2

dI2 = 200/ha le 17/5 (population allochtone)

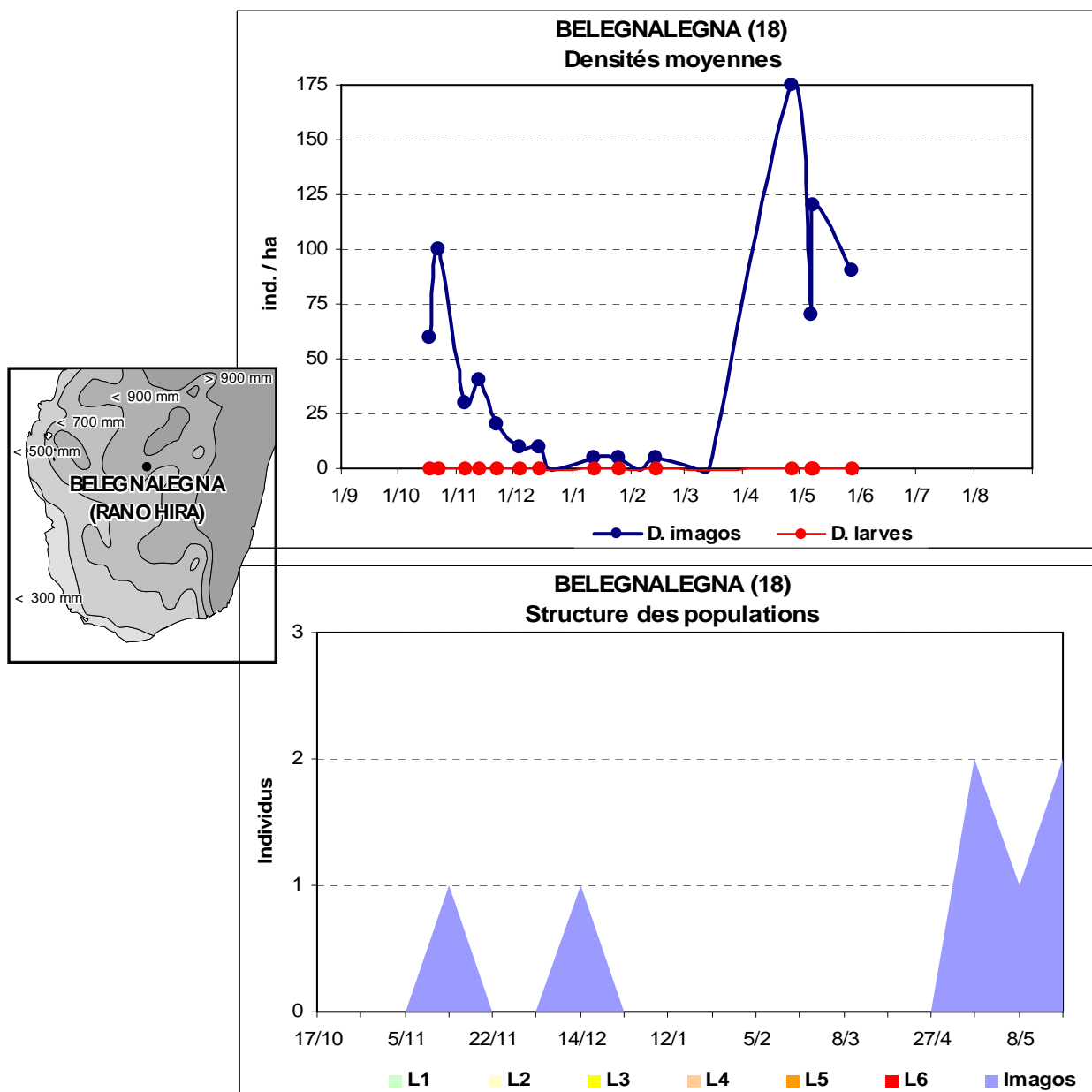
Taux de multiplication :

TE = $100/30 = 3,3$

TL = 0

TR = 0 (population allochtone)

Belegnalegna (Ranohira) 2004-2005



Observations :

La population de criquets nomades n'est présente sur cette station qu'en saison sèche et à l'état imaginal. Aucune larve n'a été observée. Les imagos délaissent la station en fin de saison sèche, en novembre, et y arrivent de nouveau au début de la saison sèche suivante, en mai. Le cycle est typique de celui d'une station refuge de saison sèche.

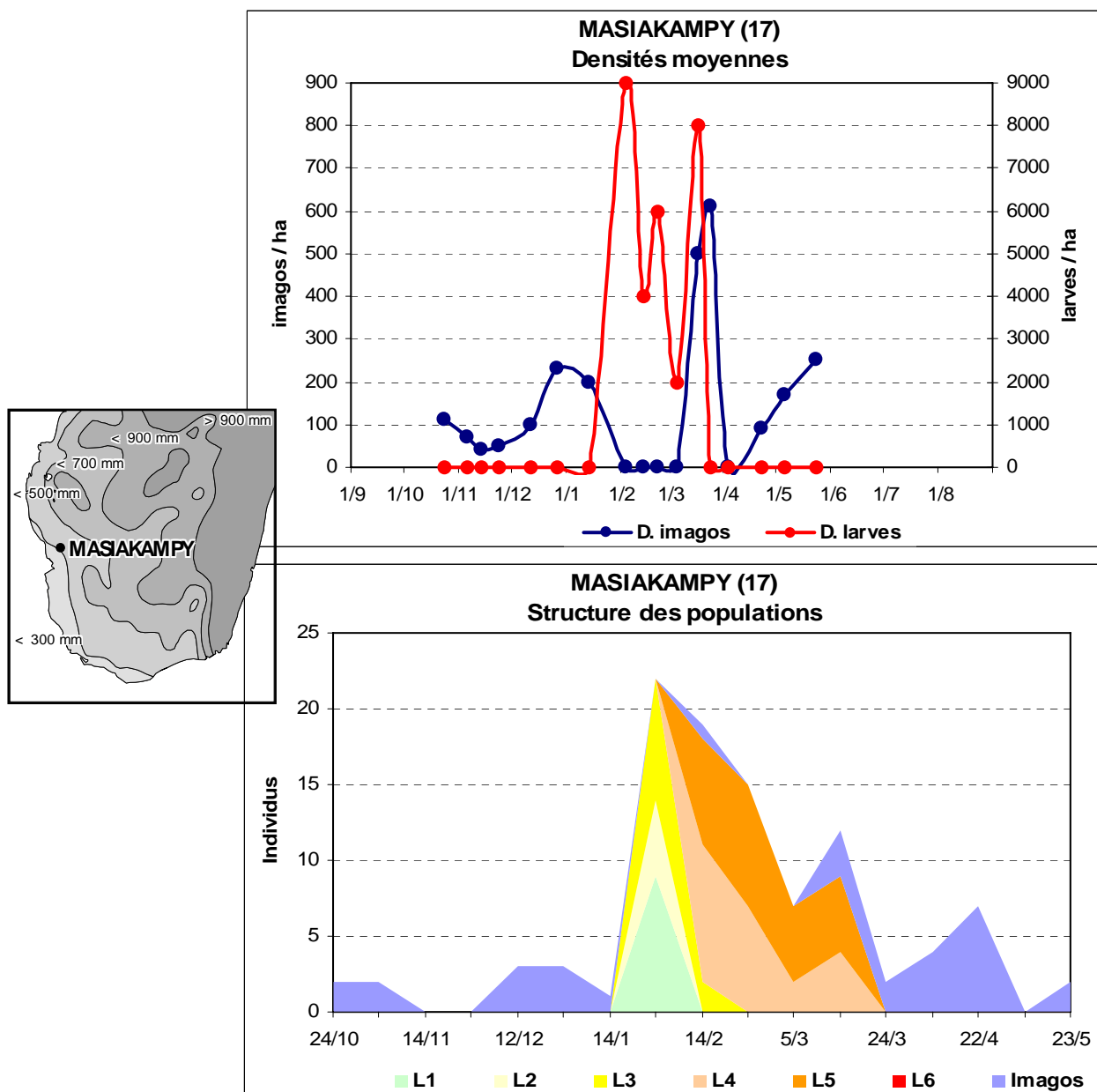
Densités maximales :

dl1 = 100/ha le
dL= 0
dl2 = 175/ha le

Taux de multiplication :

TE = 0
TL = 0
TR = 0

Masiakampy (Tuléar) 2004-2005



Observations :

La densité imaginale s'accroît en début de saison des pluies et culmine à 230/ha le 27 décembre. Les imagos disparaissent au coeur de la saison des pluies. Les larves apparaissent le 4 février (en fait le début du développement n'a pas été signalé puisqu'à cette date on observe déjà des larves de stade 3). Le développement larvaire est suivi jusqu'au 17 mars. La densité maximale de larves est notée le 4 février (9000/ha). Les jeunes imagos allochtones sont vus le 17 mars. Leur densité culmine à 610/ha le 24 mars. Puis cette jeune population émigre et disparaît de la station. D'autres imagos, allochtones, sont notés sur la station en plus faible densité dans le courant du mois d'avril. Globalement, le cycle est typique de celui d'une station de reproduction avec une très bonne réussite du développement embryonnaire (TE= 39) et un taux de multiplication assez bon (TR=2,65).

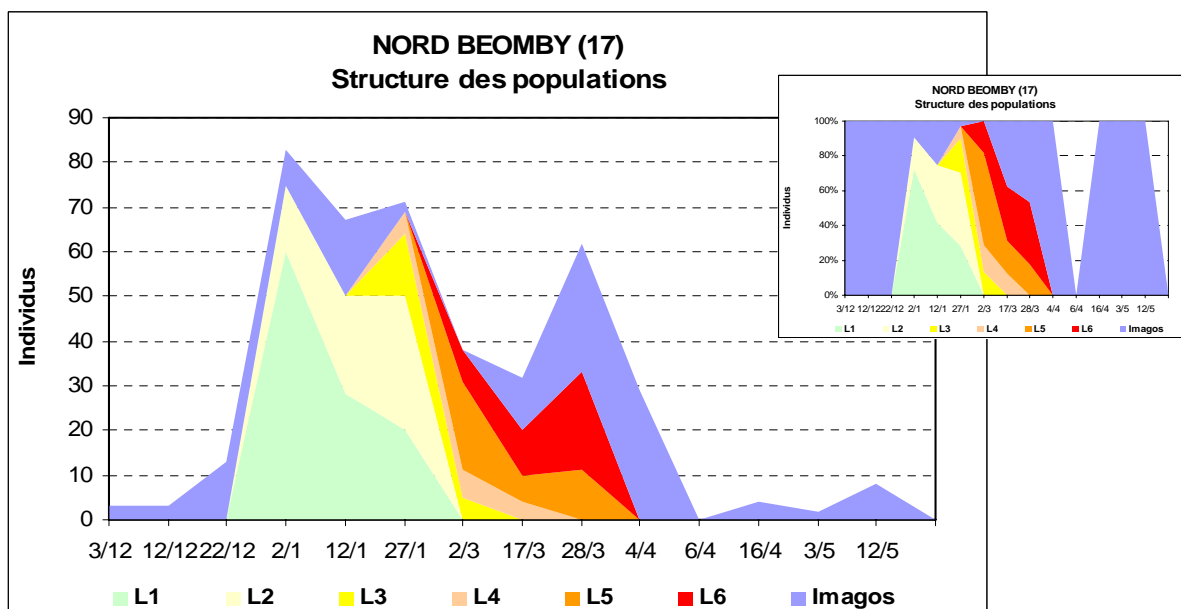
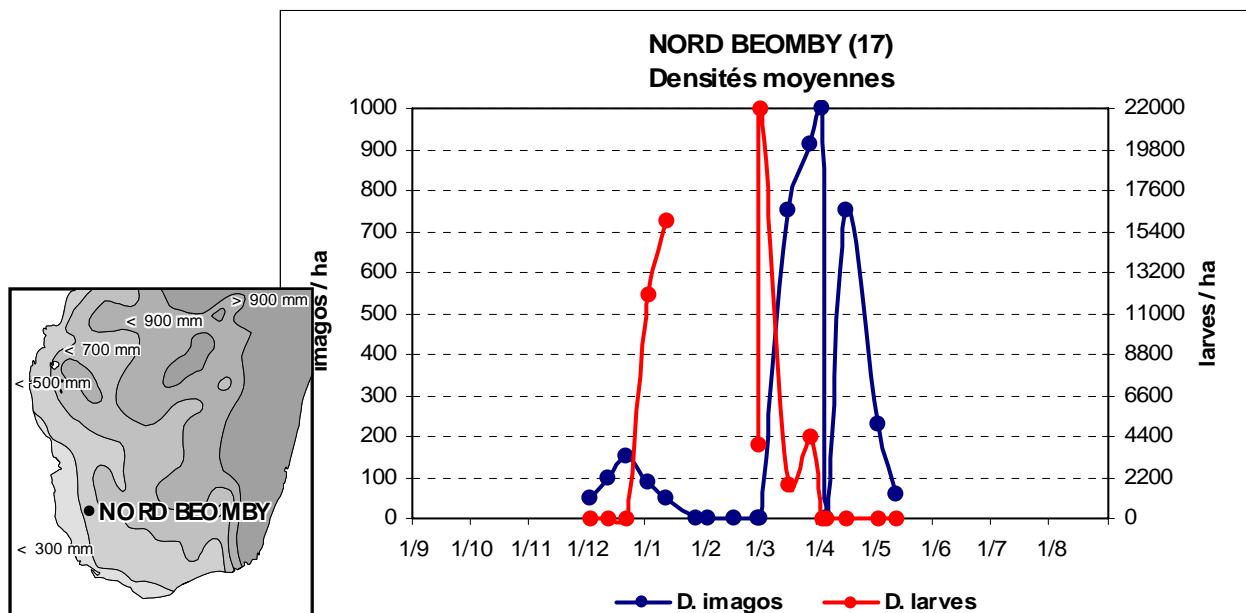
Densités maximales :

dl1 = 230/ha le 27/12
dL= 9000/ha le 4/2
dl2 = 610/ha le 24/3

Taux de multiplication :

TE = $9000/230 = 39,1$
TL = $610/9000 = 0,07$
TR = $610/230 = 2,65$

Nord Beomby (Beahitse) 2004-2005



Observations :

La densité imaginale augmente légèrement en début de saison des pluies, passant de 50 à 150/ha du 3 au 22 décembre. Elle devient nulle au cœur de la saison des pluies. Les larves sont observées du 2 janvier au 22 mars. Le début et la fin du développement larvaire sont bien suivis, contrairement aux stades larvaires intermédiaires du fait d'une absence de prospection entre le 27/1 et le 2/3. Néanmoins l'aspect du développement larvaire est très cohérent. La densité maximale de larves est observée le 2 mars (22000/ha). Les jeunes imagos apparaissent à partir du 17 mars et leur densité culmine à 1000/ha le 4 avril ; La densité imaginale décroît ensuite rapidement et n'est plus que de 60/ha le 12 mai. Un cycle typique d'une station de reproduction avec un excellent taux de réussite du développement embryonnaire (TE= 147, peut-être surestimé du fait de l'absence de prospections avant le 3/12) et un très bon taux de reproduction (TR voisin de 7).

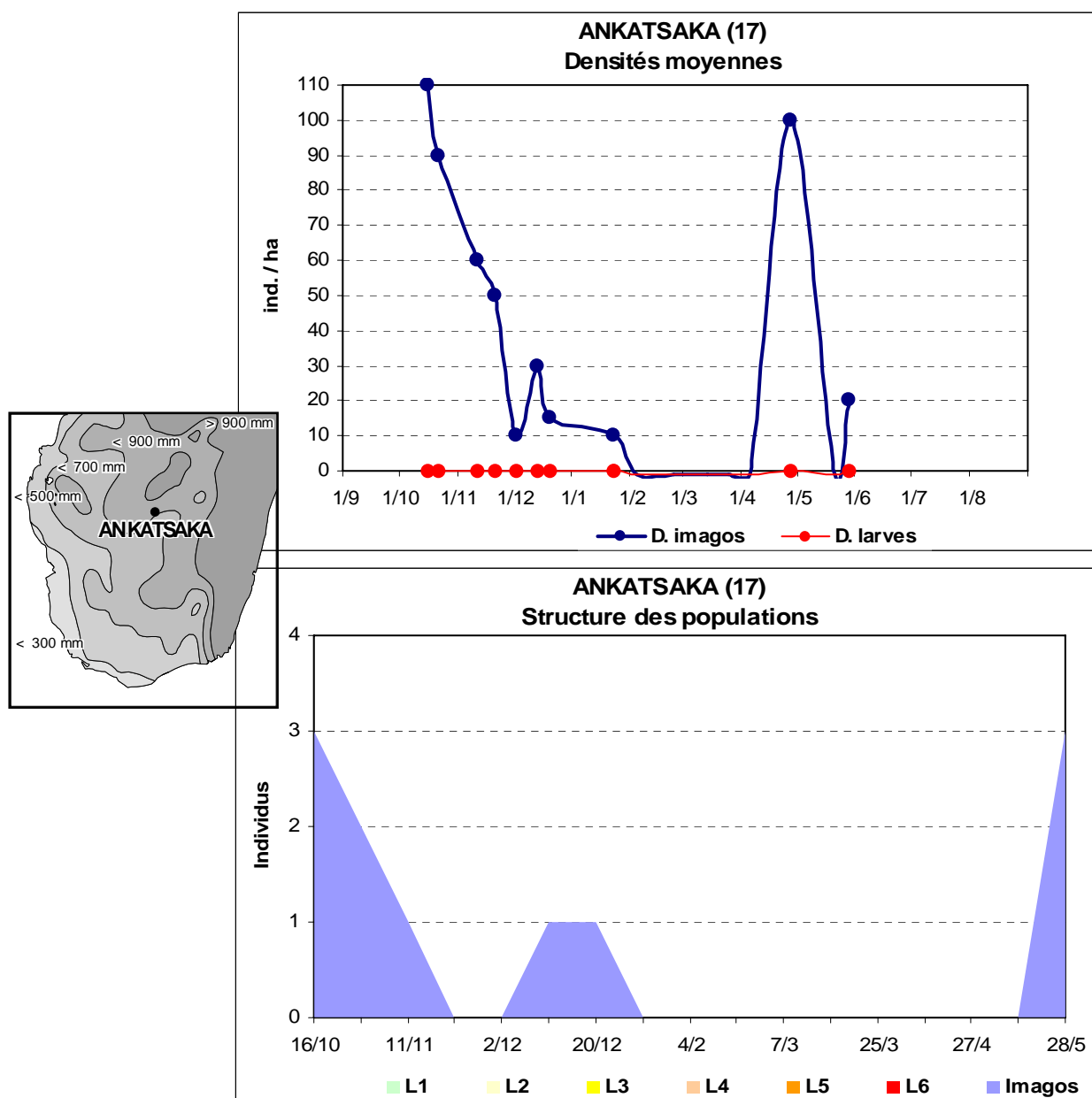
Densités maximales :

dl1 = 150/ha le 22/12
dL= 22000/ha le 2/3
dl2 = 1000/ha le 4/4

Taux de multiplication :

TE = 22000/150 = 146,67 (surestimé ?)
TL = 1000/22000 = 0,05
TR = 1000/150 = 6,67

Ankatsaka (Ranohira) 2004-2005



Observations :

La densité sur cette station reste faible. Les imagos quittent la station en fin de saison sèche. La densité imaginale passe de 110/ha le 16/10 à 10/ha le 2/12. Aucune larve n'est signalée. Au début de la saison sèche 2005 on observe le passage d'une population imaginale allochtone qui ne passe que peu de temps sur la station (100/ha le 27/4). Cycle typique d'une station refuge de saison sèche.

Densités maximales :

dI1 = 110/ha le 16/10

dL = 0

dI2 = 100/ha le 27/4 (population allochtone)

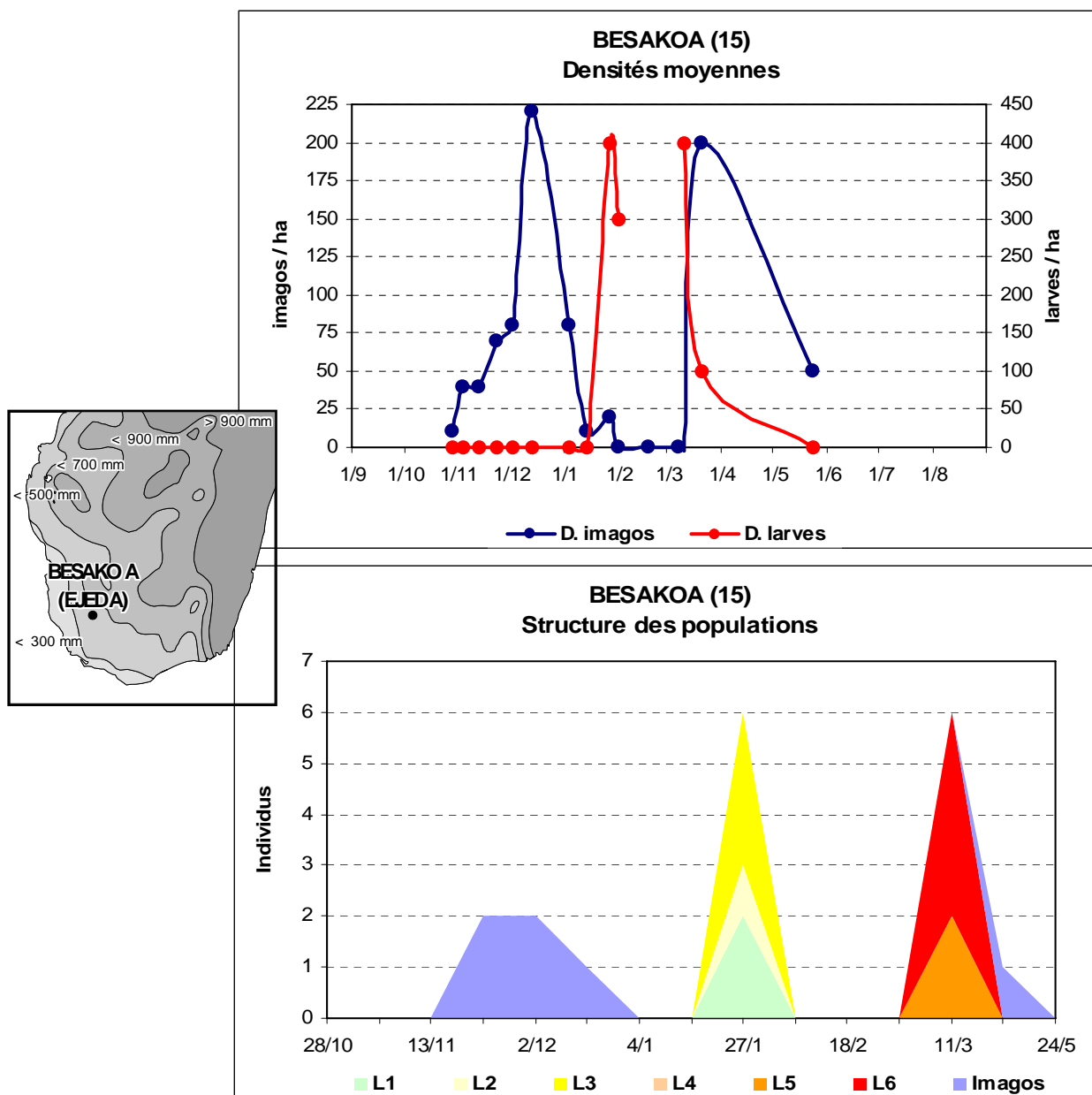
Taux de multiplication :

TE = 0

TL = 0

TR = 0

Besakoa (Edjeda) 2004-2005



Observations :

La densité imaginale passe de 10/ha le 28 octobre à 220/ha le 13 décembre ; elle chute ensuite rapidement et s'annule en février. Les larves sont observées du 27 janvier au 11 mars, mais le développement larvaire a été assez mal suivi du fait du manque d'échantillonnages entre le 27 janvier et le 11 mars. La densité maximale de larves est de 400/ha les 27/1 et 11/3. Les jeunes imagos sont notés dès le 21 mars (200/ha) et leur densité décroît rapidement (émigration) en début de saison sèche. Malgré les lacunes, ce cycle est typique de celui d'une station de reproduction.

Densités maximales :

dI1 = 220/ha le 13/12

dL = 400/ha le 27/1

dI2 = 200/ha le 21/3

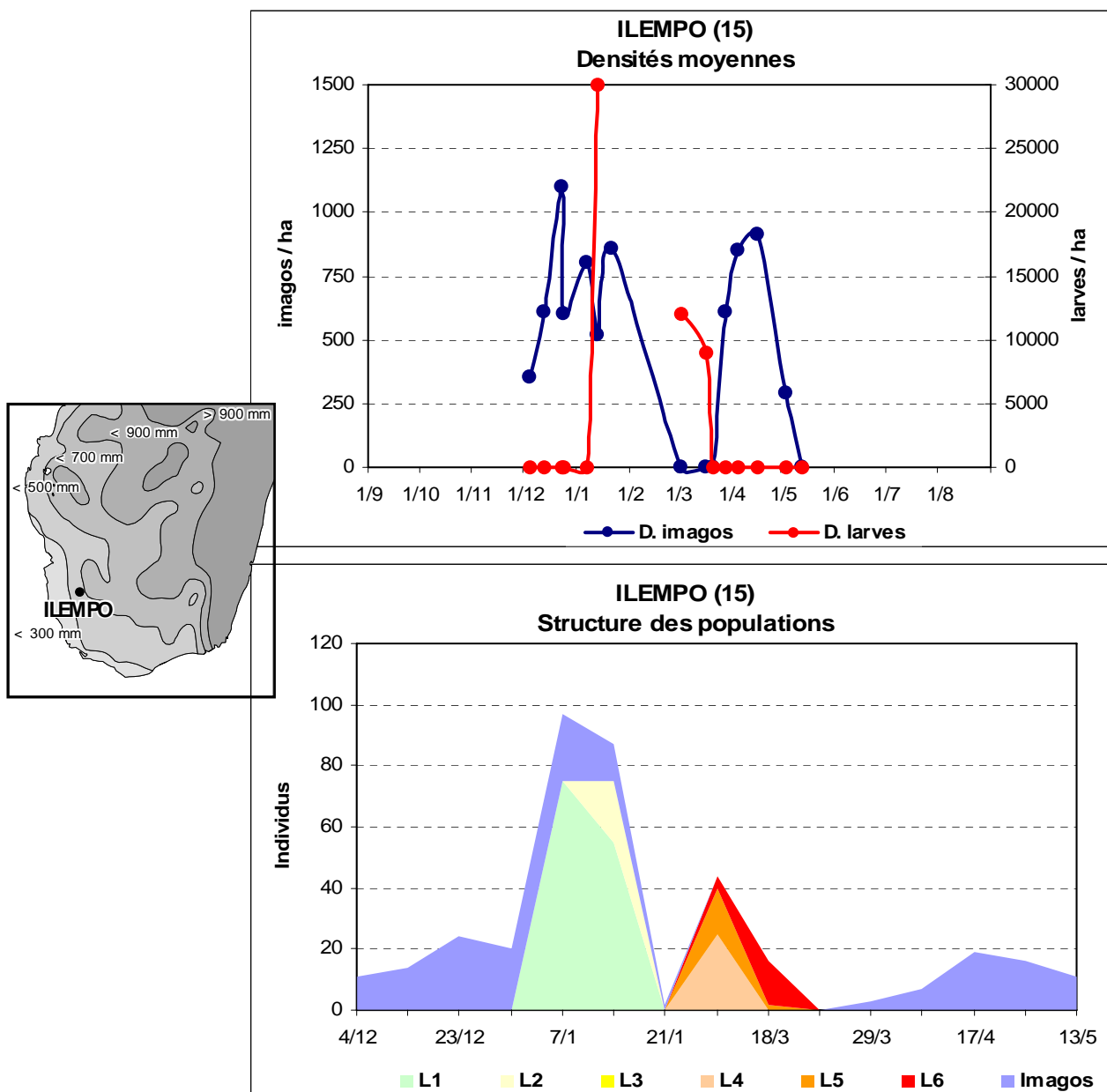
Taux de multiplication :

TE = $400/220 = 1,82$

TL = $200/400 = 0,50$

TR = $200/220 = 0,91$

Ilembo (Beahitse) 2004-2005



Observations :

La densité imaginale augmente en début de saison des pluies et atteint 1100/ha le 23/12. Les larves apparaissent et sont notées dès le 7 janvier. Le développement larvaire est assez mal suivi faute d'échantillonnages entre le 13 janvier et le 3 mars. Les dernières larves sont notées le 18 mars. Les jeunes imagos autochtones sont observés fin mars et leur densité culmine à 910/ha le 17 avril. Cette jeune population émigre rapidement et la densité imaginale devient nulle dès le 13 mai.

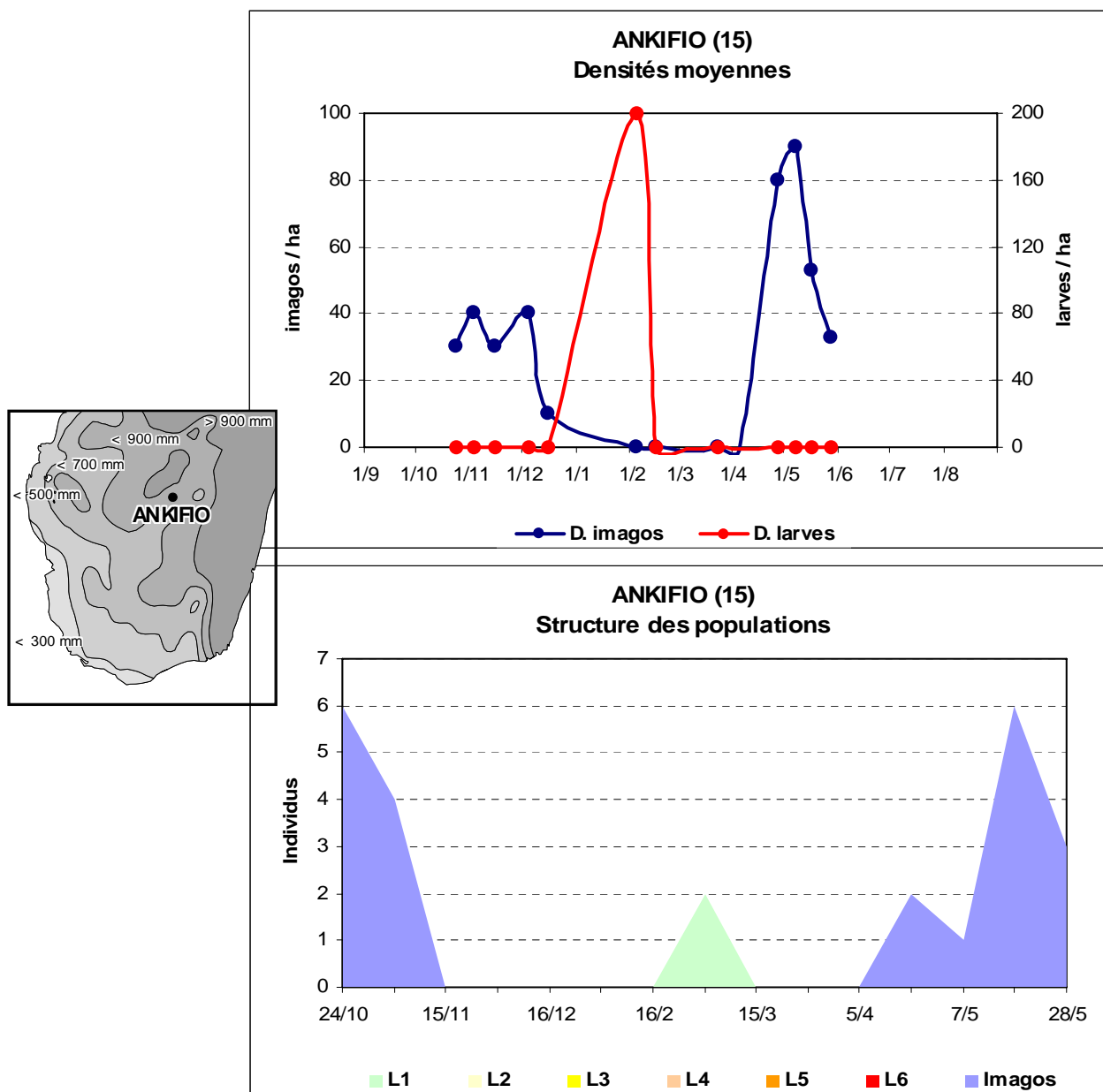
Densités maximales :

dI1 = 1100/ha le 23/12
dL = 30000/ha le 13/1
dI2 = 910/ha le 17/4

Taux de multiplication :

TE = $30000/1100 = 27,27$
TL = $910/30000 = 0,03$
TR = $910/1100 = 0,83$

Ankifio (Ihosy) 2004-2005



Observations :

La densité de criquets nomades reste faible sur cette station. Aux alentours de 40/ha en début de saison des pluies, elle devient nulle de janvier à mars. Une faible densité de larves (200/ha) est notée le 5 février, mais seules 2 larves de stade 1 sont capturées. Aucune autre trace de développement larvaire n'est par la suite observée sur cette station. La densité imaginale n'augmente de nouveau qu'à partir du 27 avril (passant de 0 à 80/ha). Mis à part ces quelques larves témoins d'une petite reproduction locale qui semble avoir avorté, le cycle observé ici est typique de celui d'une aire refuge de saison sèche.

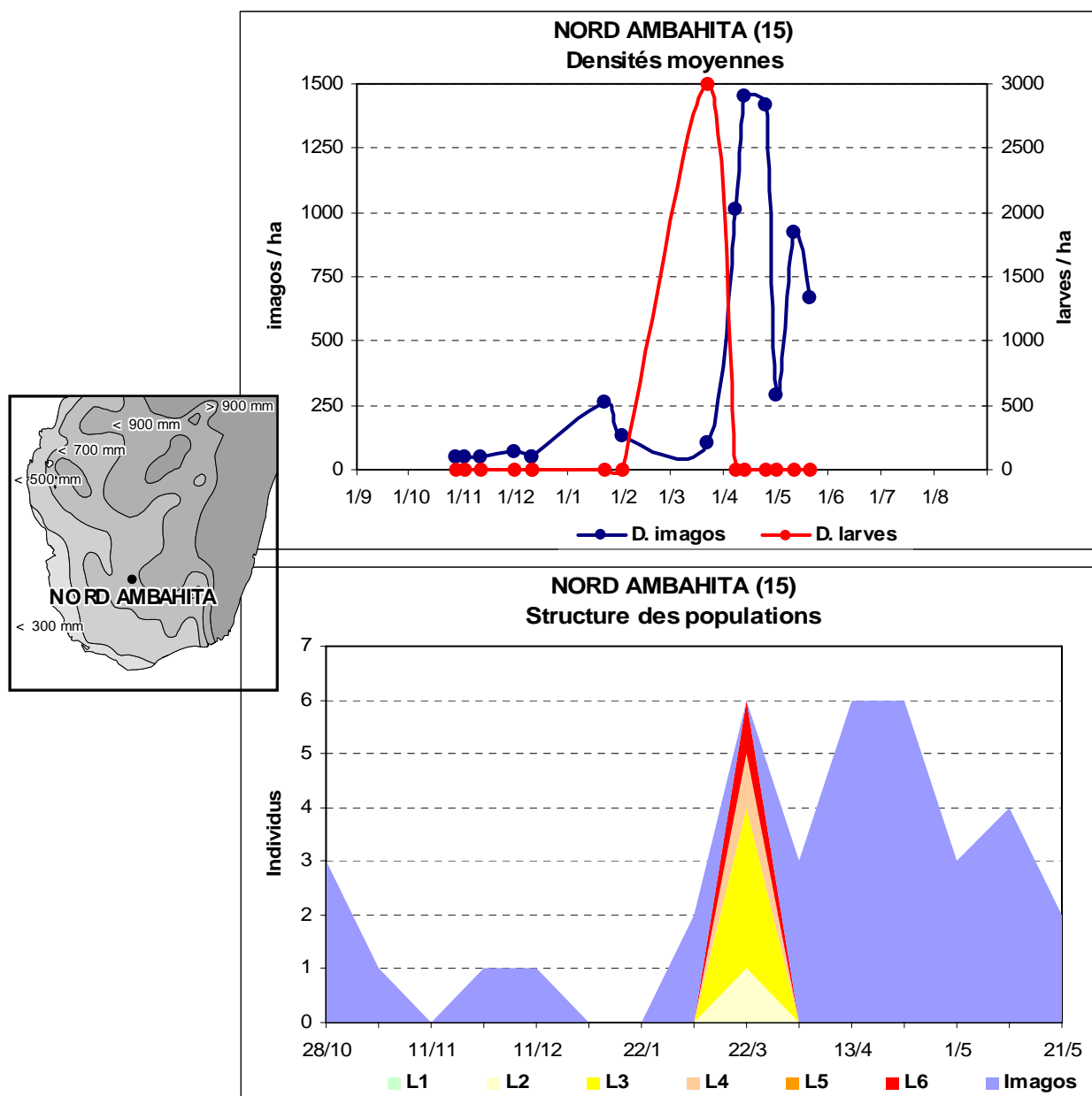
Densités maximales :

dl1 = 40/ha le 3/11
dL= 200/ha le 5/2
dl2 = 90/ha le 7/5

Taux de multiplication :

TE = 200/40 = 5,0
TL = 0
TR = 0 (pas de population autochtone)

Nord Ambahita (Bekily) 2004-2005



Observations :

La densité imaginale est faible en début de saison des pluies : 70/ha le 1/12 et 260/ha le 22/1. Les larves sont très mal échantillonnées. Elles sont observées seulement le 22 mars à une densité de 3000/ha et alors que l'on trouve un mélange de larves L2 (1), L3 (3), L4 (1) et L6 (1). Les jeunes imagoes sont notés dès le 8 avril (1010/ha) et la densité continue à augmenter jusqu'au 13 avril (1450/ha). Elle décroît ensuite dans le courant du mois de mai.

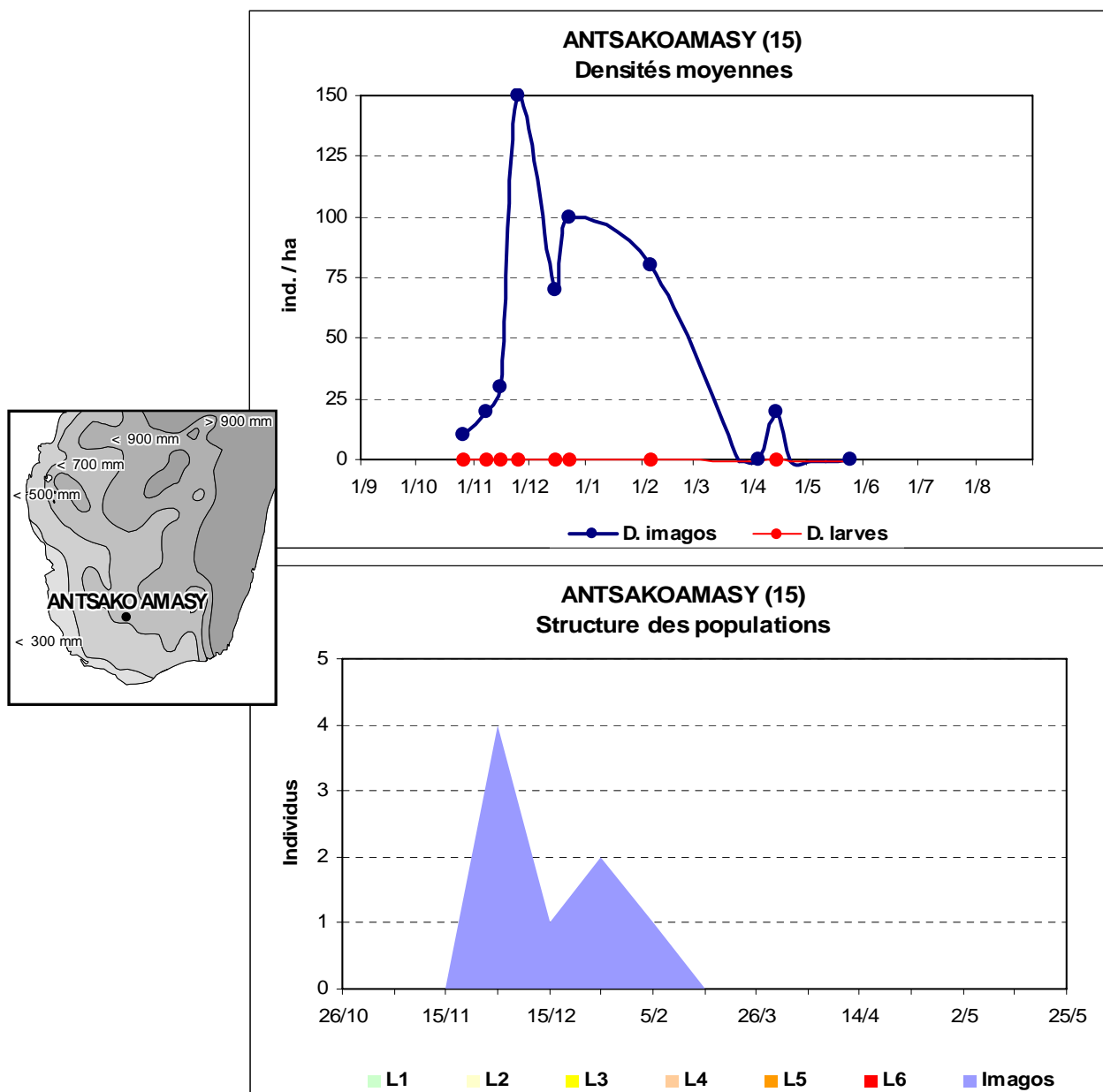
Densités maximales :

dl1 = 260/ha le 22/1
dL = 3000/ha le 22/3
dl2 = 1450/ha le 13/4

Taux de multiplication :

TE = $3000/260 = 11,54$
TL = $1450/3000 = 0,48$
TR = $1450/260 = 5,58$

Antsakoamasy (Bekily) 2004-2005



Observations :

Aucun développement larvaire n'est observé. Les imagos sont surtout notés en faible densité en début de saison des pluies, en novembre et décembre 2004. Le petit pic de densité imaginale noté le 14 avril doit correspondre au passage d'une petite allochtone de jeunes de la nouvelle génération.

Densités maximales :

dl1 = 150/ha le 25/11

dL= 0

dl2 = 20/ha le 14/4

Taux de multiplication :

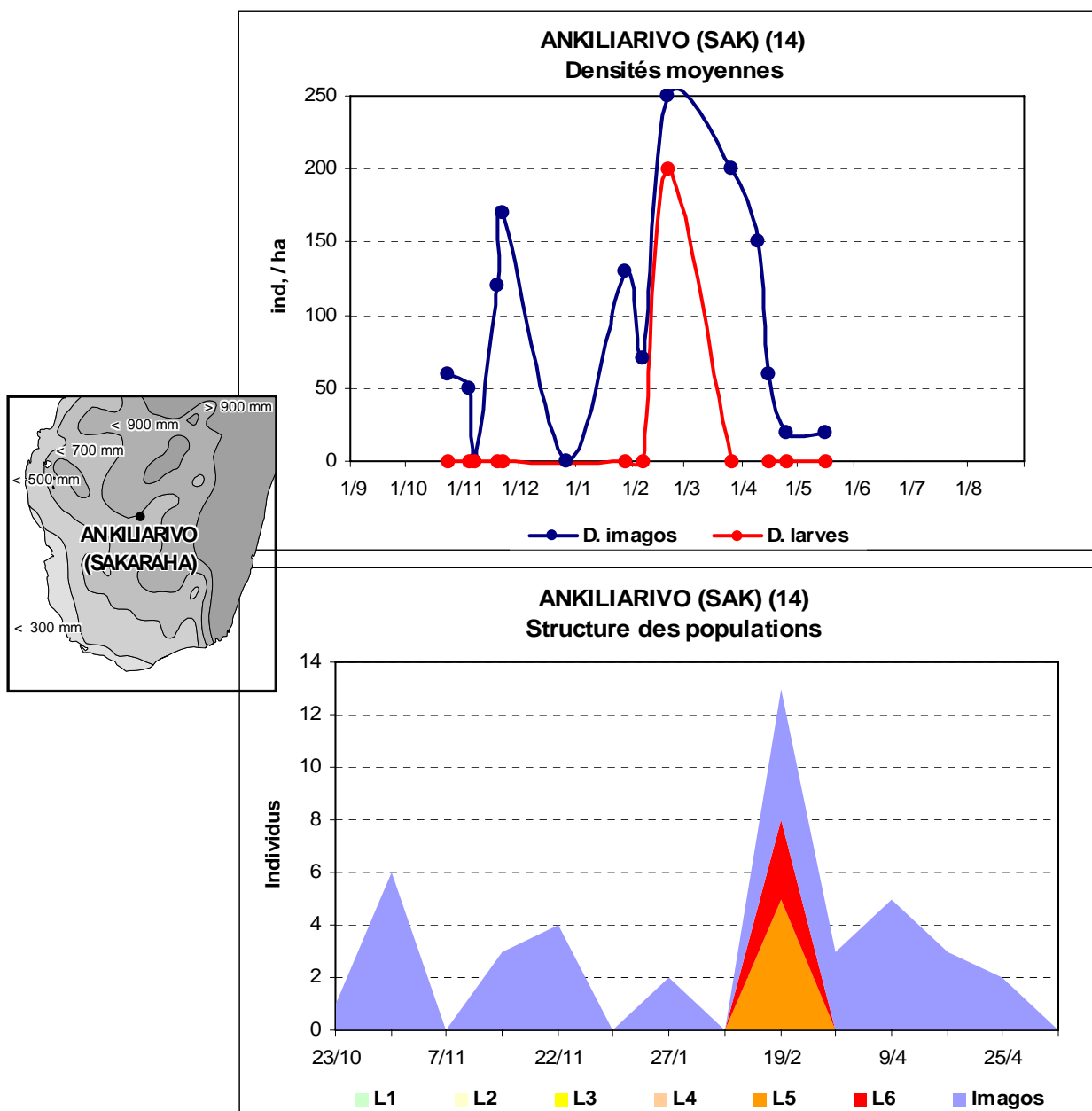
TE = 0

TL = 0

TR = 0

Ankiliarivo (Sakaraha) 2004-2005

SUJET A CAUTION - NE PAS PRENDRE EN COMPTE



Observations :

Les fluctuations de la densité imaginale sur cette station semblent assez incohérentes. En particulier, la présence d'imagos en quantité non négligeable en pleine saison des pluies, en février en particulier, est assez surprenante. De même l'observation de larves de stade 5 et 6 dès le 19 février est assez incohérente avec ce que l'on connaît de la biologie du criquet nomade. Ces observations sont donc fortement sujettes à caution et n'ont pas été prises en compte dans les analyses..

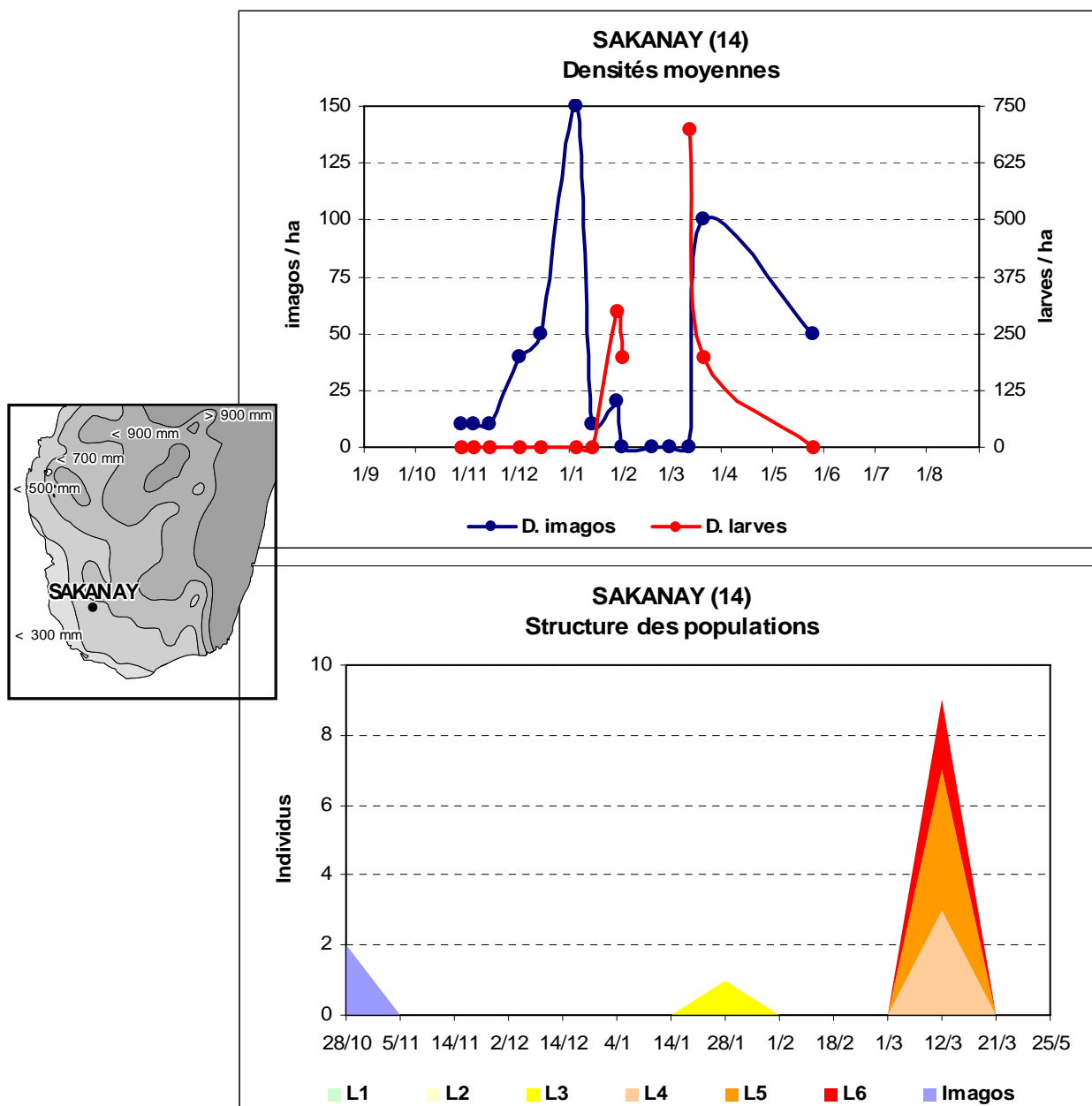
Densités maximales :

dI1 =
dL =
dI2 =

Taux de multiplication :

TE =
TL =
TR =

Sakanay (Edjeda) 2004-2005



Observations :

La densité imaginale augmente progressivement et passe de 10/ha en fin de saison sèche à 150/ha le 4 janvier. Elle décroît ensuite très brutalement et devient nulle fin janvier. Les larves sont observées du 28 janvier (1 larve L3) au 21 mars. Malheureusement aucun échantillonnage de larves n'a été réalisé entre le 28/1 et le 12 mars (où 3 larves L4, 4 L5 et 2 L6 sont collectées) et le développement larvaire est donc très mal suivi. La densité imaginale augmente le 21 mars jusqu'à 100/ha puis décroît en début de saison sèche. Ce cycle, malgré l'insuffisance des prospections au niveau larvaire, est tout à fait caractéristique d'une station de reproduction du criquet nomade.

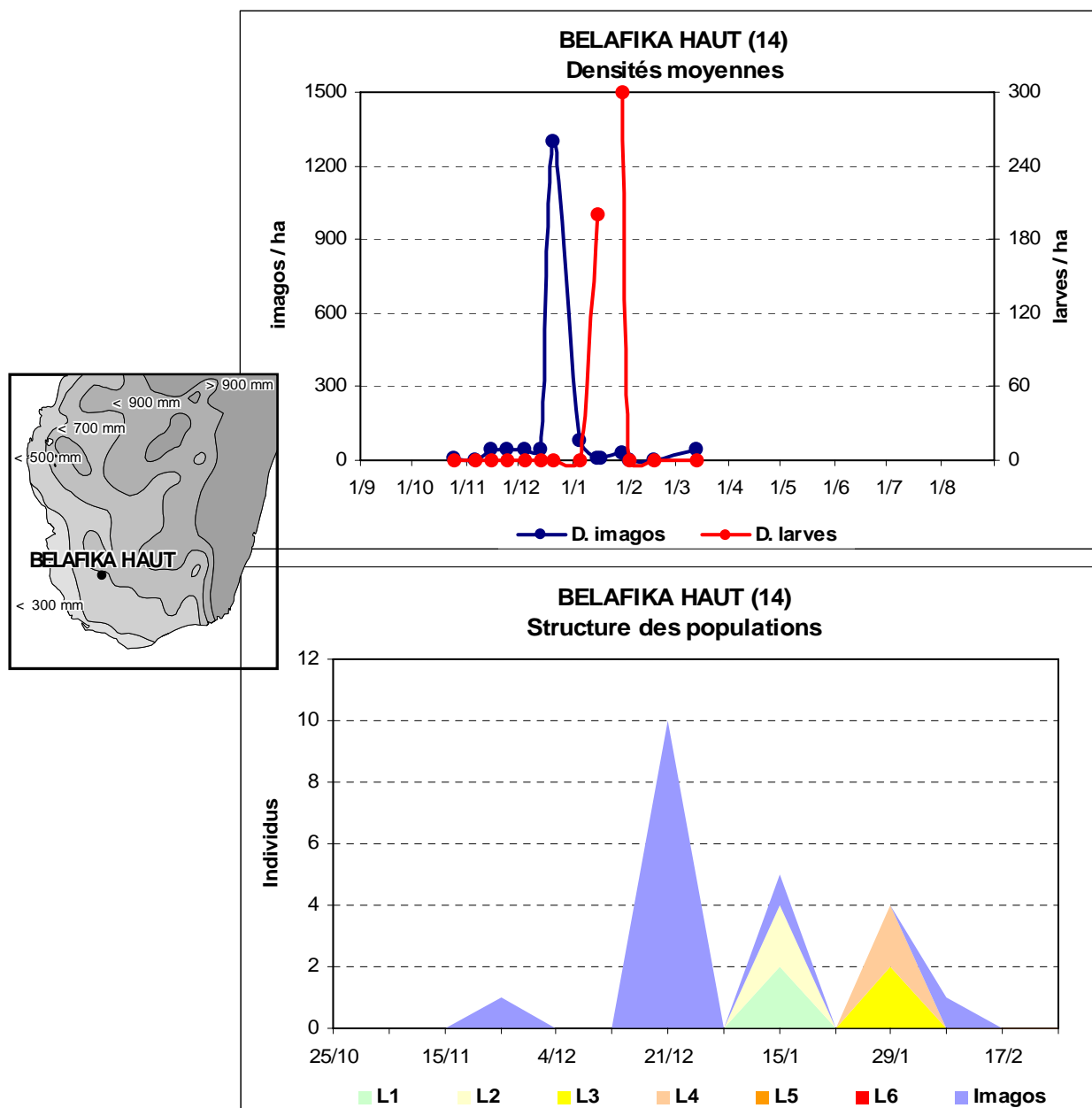
Densités maximales :

dl1 = 150/ha le 4/1
dL = 700/ha le 12/31
dl2 = 100/ha le 21/3

Taux de multiplication :

TE = $700/150 = 4,67$
TL = $100/700 = 0,14$
TR = $100/150 = 0,67$

Belafika Haut (Edjeda) 2004-2005



Observations :

La densité imaginale, nulle en fin de saison sèche, passe de 0/ha le 6/11 à 40/ha le 15/11 puis par un pic à 1300/ha le 21/12. La densité s'annule de nouveau en pleine saison des pluies, en janvier et février. Quelques larves sont observées les 15 (2 L1, 2 L2) et 29 janvier (2 L3, 2 L4). La densité imaginale passe de 0 à 40/ha le 13 mars. Dans l'ensemble, les informations obtenues sur cette station sont assez fragmentaires. Elle montre les caractéristiques d'une station de reproduction mais l'année 2004-2005 semble y avoir été peu favorable.

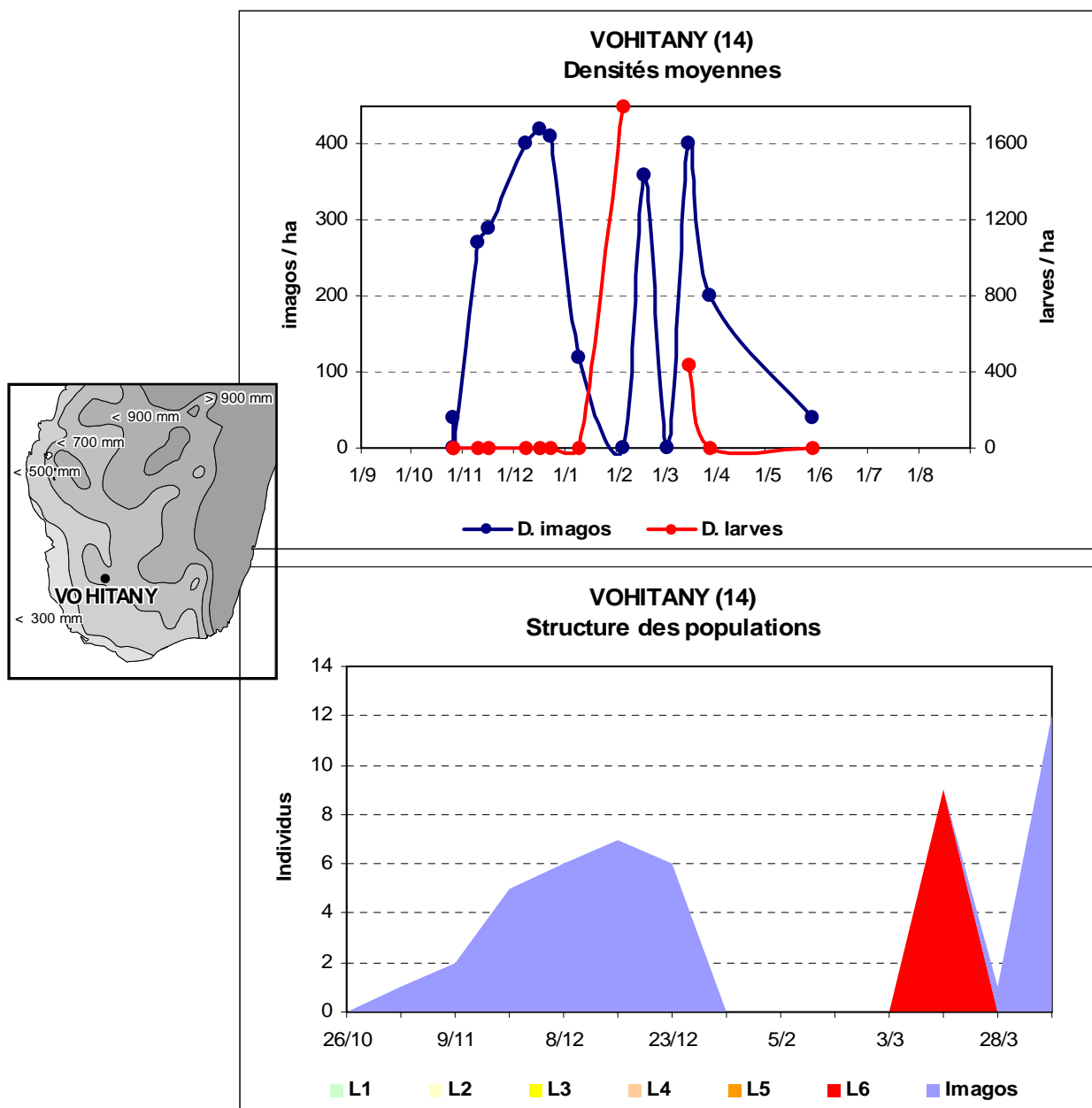
Densités maximales :

dl1 = 1300/ha le 21/12
dL = 300/ha le 29/1
dl2 = 40/ha le 13/3

Taux de multiplication :

TE = $300/1300 = 0,23$
TL = $40/300 = 0,13$
TR = $40/1300 = 0,03$

Vohitany (Edjeda) 2004-2005



Observations :

La densité imaginale, voisine de zéro au cours du mois d'octobre, augmente rapidement en début de saison des pluies et atteint 420/ha le 17 décembre. Cette augmentation est suivie d'une chute tout aussi spectaculaire en janvier et dès le 5 février la densité imaginale est nulle. Les larves sont observées du 5 février au 16 mars mais les échantillonnages de larves ont été quasi inexistantes (9 L6 le 16/3 uniquement) et le développement larvaire ne peut être suivi. Un passage de population imaginale est observé le 17 février (à cette époque de l'année il ne peut s'agir que d'une vieille population de la génération 2004). Les jeunes imagos de la génération 2005 apparaissent dès le 16 mars à la densité de 400/ha. Leur densité décroît ensuite rapidement avec la saison sèche. Elle n'est plus que de 40/ha le 29 mai. Cette station a toutes les caractéristiques d'une station de reproduction avec une réussite assez moyenne en 2004-2005.

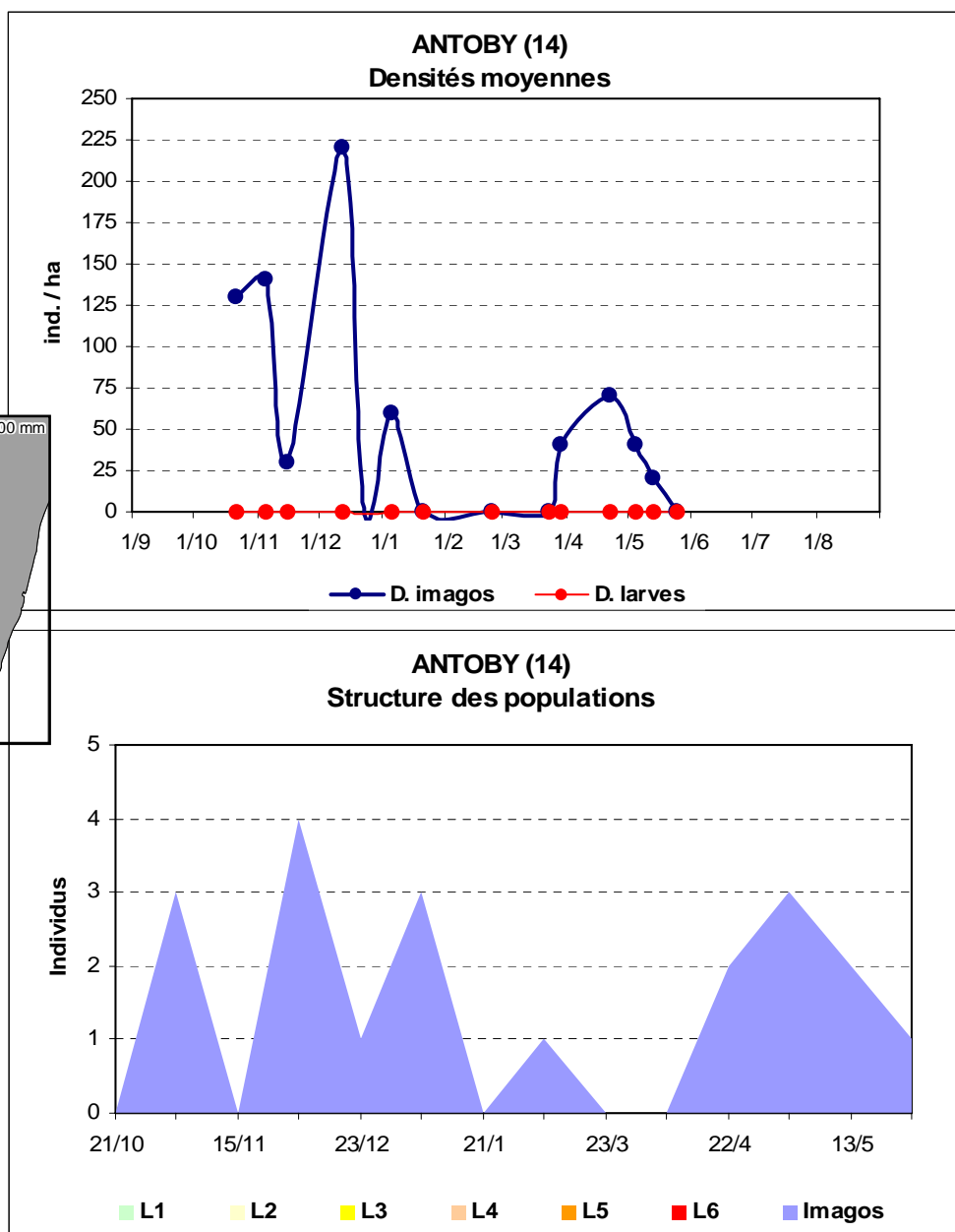
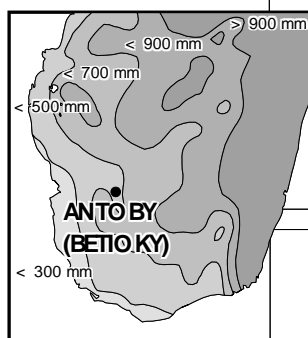
Densités maximales :

dl1 = 420/ha le 17/12
dL = 1800/ha le 5/2
dl2 = 400/ha le 16/3

Taux de multiplication :

TE = $1800/420 = 4,29$
TL = $400/1800 = 0,22$
TR = $400/420 = 0,95$

Antoby (Betioky) 2004-2005



Observations :

La densité imaginale fluctue beaucoup en début de saison des pluies, en novembre et décembre. La densité devient nulle en janvier. Aucune larve n'est observée. La densité imaginale n'augmente de nouveau qu'à partir de la fin du mois de mars (40/ha le 29/3). Elle « culmine » à 70/ha le 22 avril et redevient nulle dès le 25 mai. L'absence complète de larves est assez surprenante dans une station située au sein de la zone de reproduction du criquet nomade. L'évolution de la densité imaginale est d'ailleurs typique de celles des stations de reproduction. On peut s'interroger sur la réalisation effective sur cette station des observations concernant les larves. La densité imaginale étant faible il est cependant possible que ces larves soient passées inaperçues.

Densités maximales :

dl1 = 220/ha le 12/12

dL = 0/ha (?)

dl2 = 70/ha le 22/4

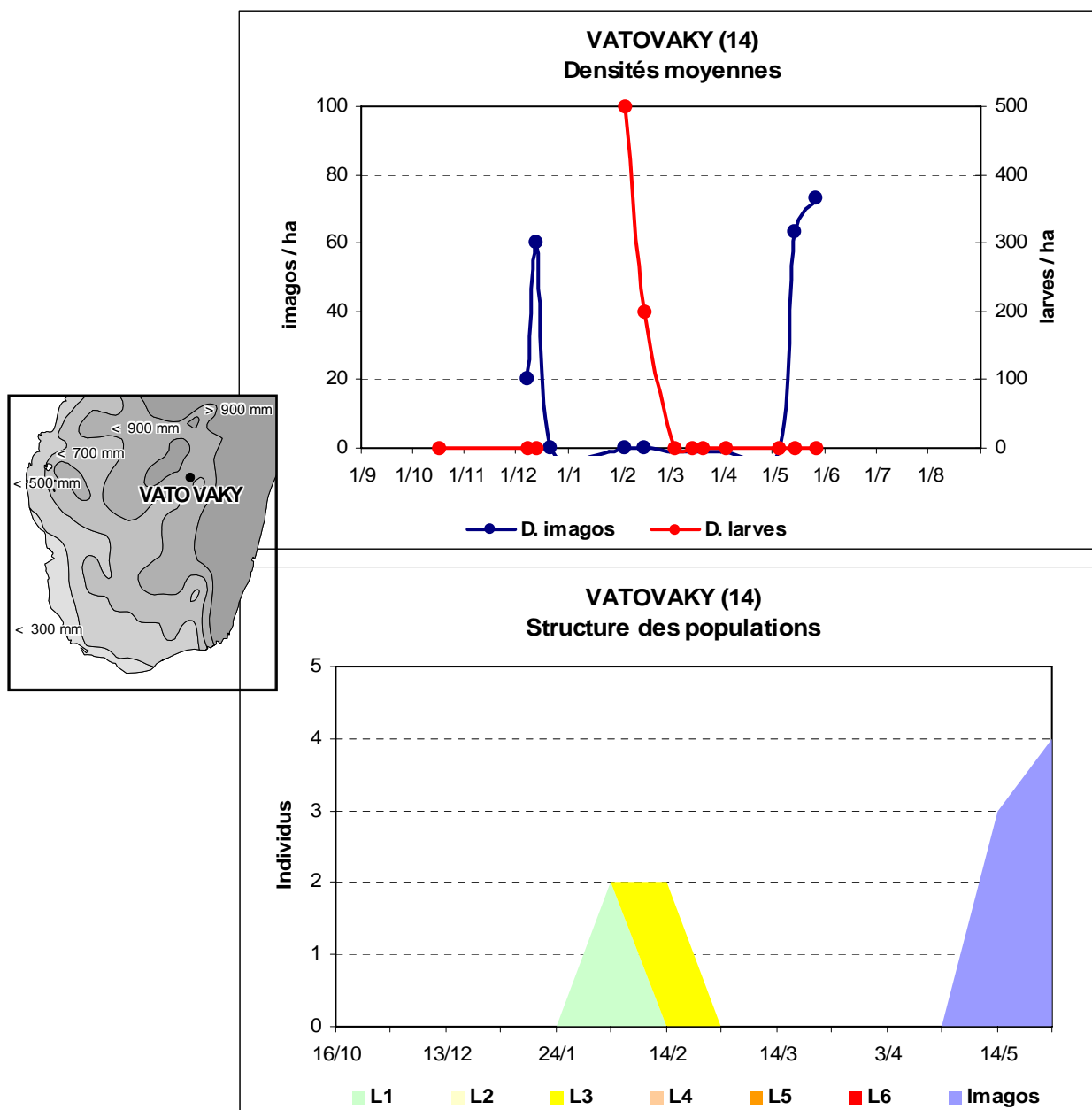
Taux de multiplication :

TE = 0 (?)

TL = 0 (?)

TR = 0 (pas de population autochtone)

Vatovaky (Ihosa) 2004-2005



Observations :

Malgré le nombre de prospections les informations sont assez fragmentaires. La densité de la population imaginale reste faible. Les imagos disparaissent dans le courant du mois de décembre et les imagos de la nouvelle génération ne réapparaissent que tardivement à partir du 14 mai. Quelques larves sont observées en saison des pluies : 2 L1 le 3 février et 2 L3 le 14 février. Par la suite plus aucune larve n'est observée et le développement larvaire semble échouer et ne donne naissance à aucune population locale. Les imagos apparaissant vers la mi-mai ne peuvent être que d'origine allochtone.

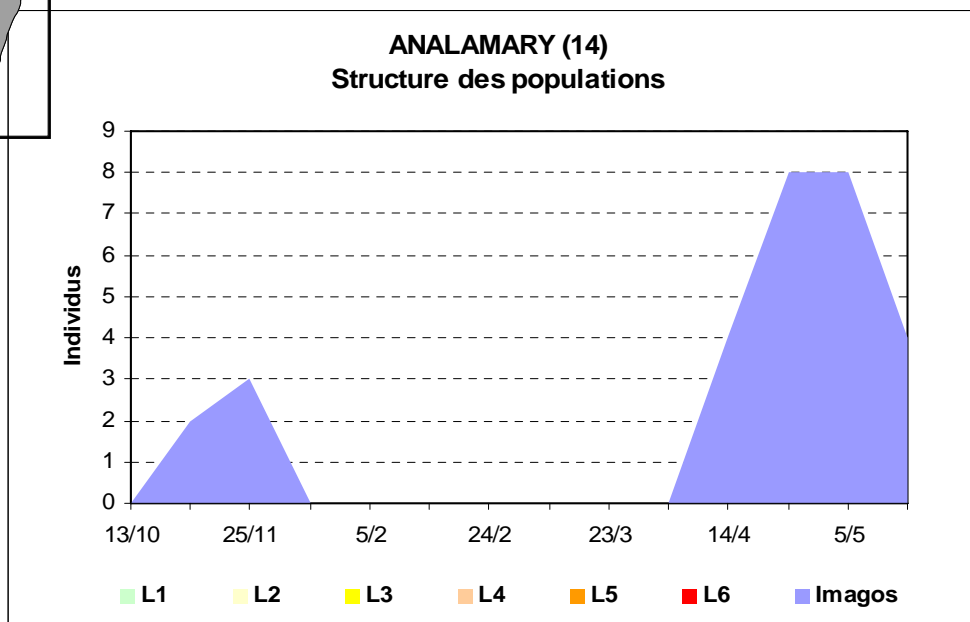
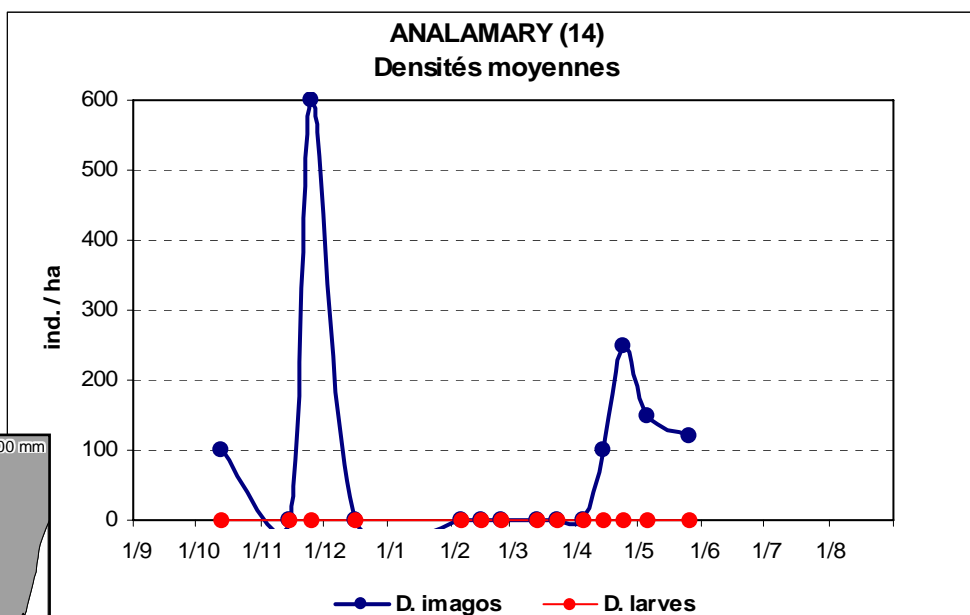
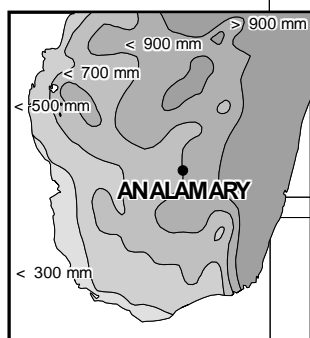
Densités maximales :

dI1 = 60/ha le 13/12
dL = 500/ha le 3/2
dI2 = 70/ha le 26/5
(mais population autochtone = 0/ha)

Taux de multiplication :

TE = $500/60 = 8,33$
TL = $0/500 = 0$
TR = 0 (pas de population autochtone)

Analamary (Betroka) 2004-2005



Observations :

Les imagos disparaissent de la station dès le début du mois de décembre. Aucune larve n'est observée et les imagos ne réapparaissent qu'à partir de la mi-avril. Le cycle est typique d'une station refuge de saison sèche.

Densités maximales :

dI1 = 600/ha le 25/11

dL= 0

dI2 = 250/ha le 24/4

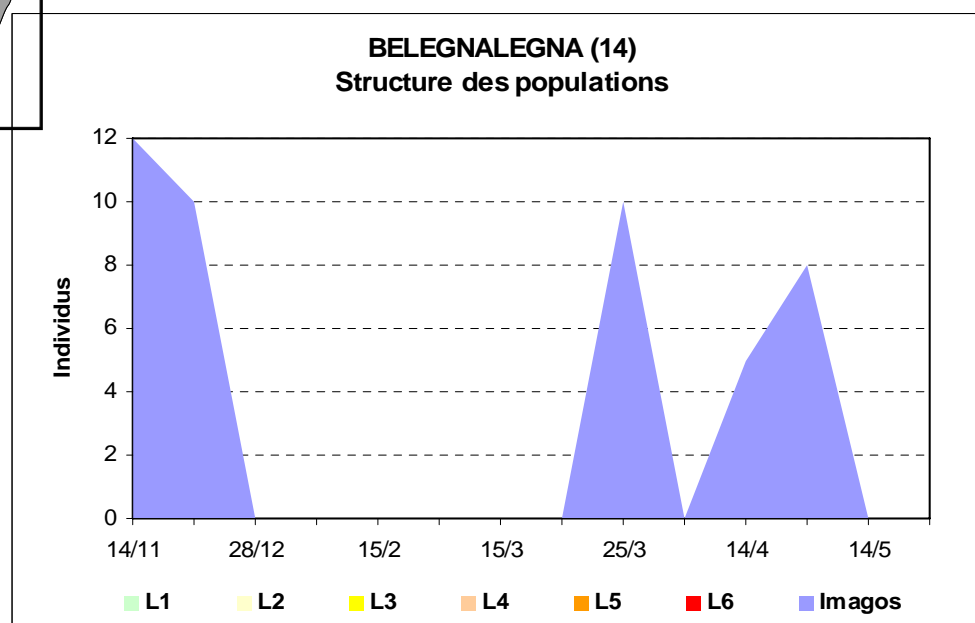
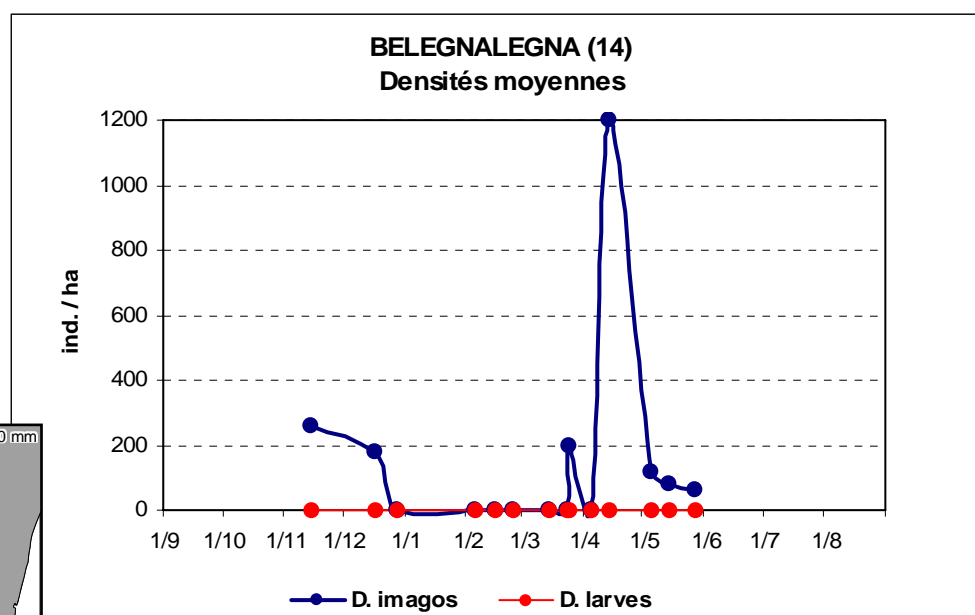
Taux de multiplication :

TE = 0

TL = 0

TR = 0

Belegnalegna (Betroka) 2004-2005



Observations :

Les imagos disparaissent en début de saison des pluies et ne réapparaissent qu'à partir du mois d'avril. Aucune larve n'est observé. Il s'agit du cycle typique d'une station refuge de saison sèche.

Densités maximales :

dI1 = 260/ha le 14/11

dL= 0

dI2 = 1200/ha le 14/4

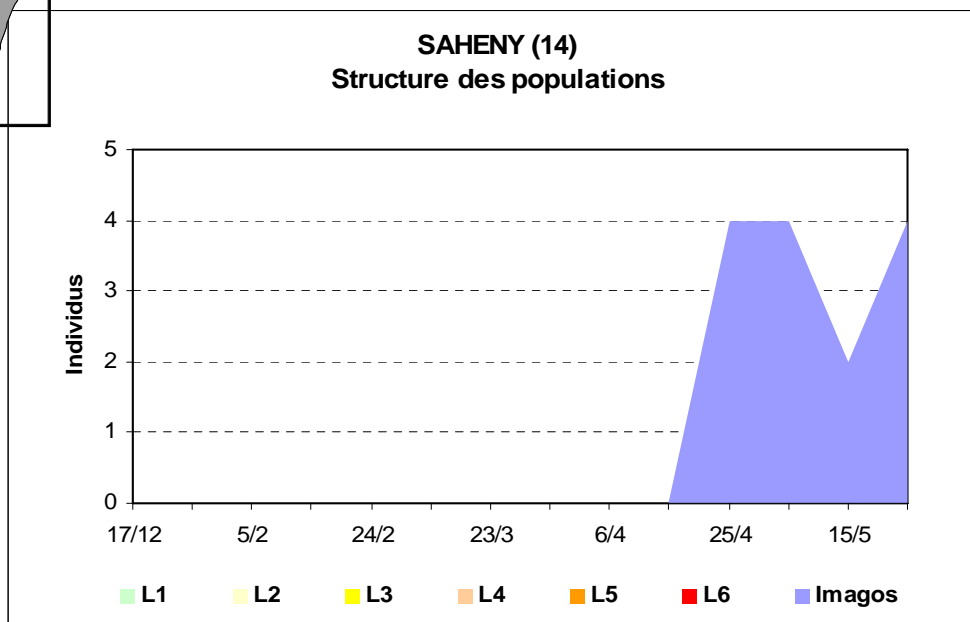
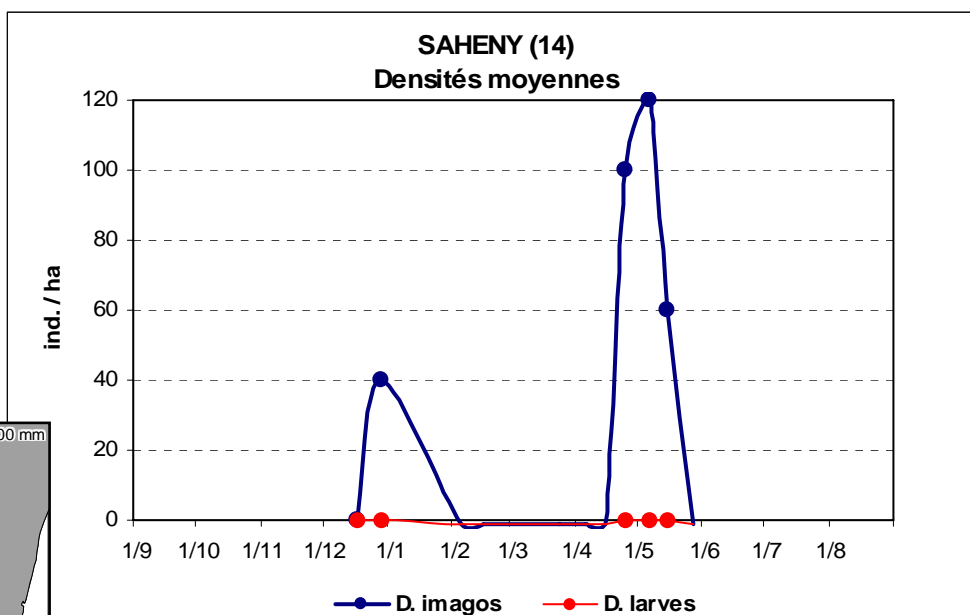
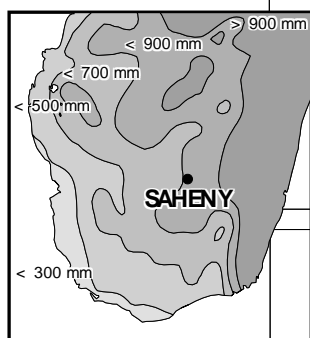
Taux de multiplication :

TE = 0

TL = 0

TR = 0

Saheny (Betroka) 2004-2005



Observations :

Le criquet nomade est très rare sur cette station. Quelques imagos sont observés le 29 décembre (40/ha) puis quelques uns dans le courant du mois de mai, nécessairement d'origine allochtone du fait de l'absence complète de larves au cours de la saison 2004-2005.

Densités maximales :

dI1 = 40/ha le 29/12

dL= 0

dI2 = 120/ha le 6/5

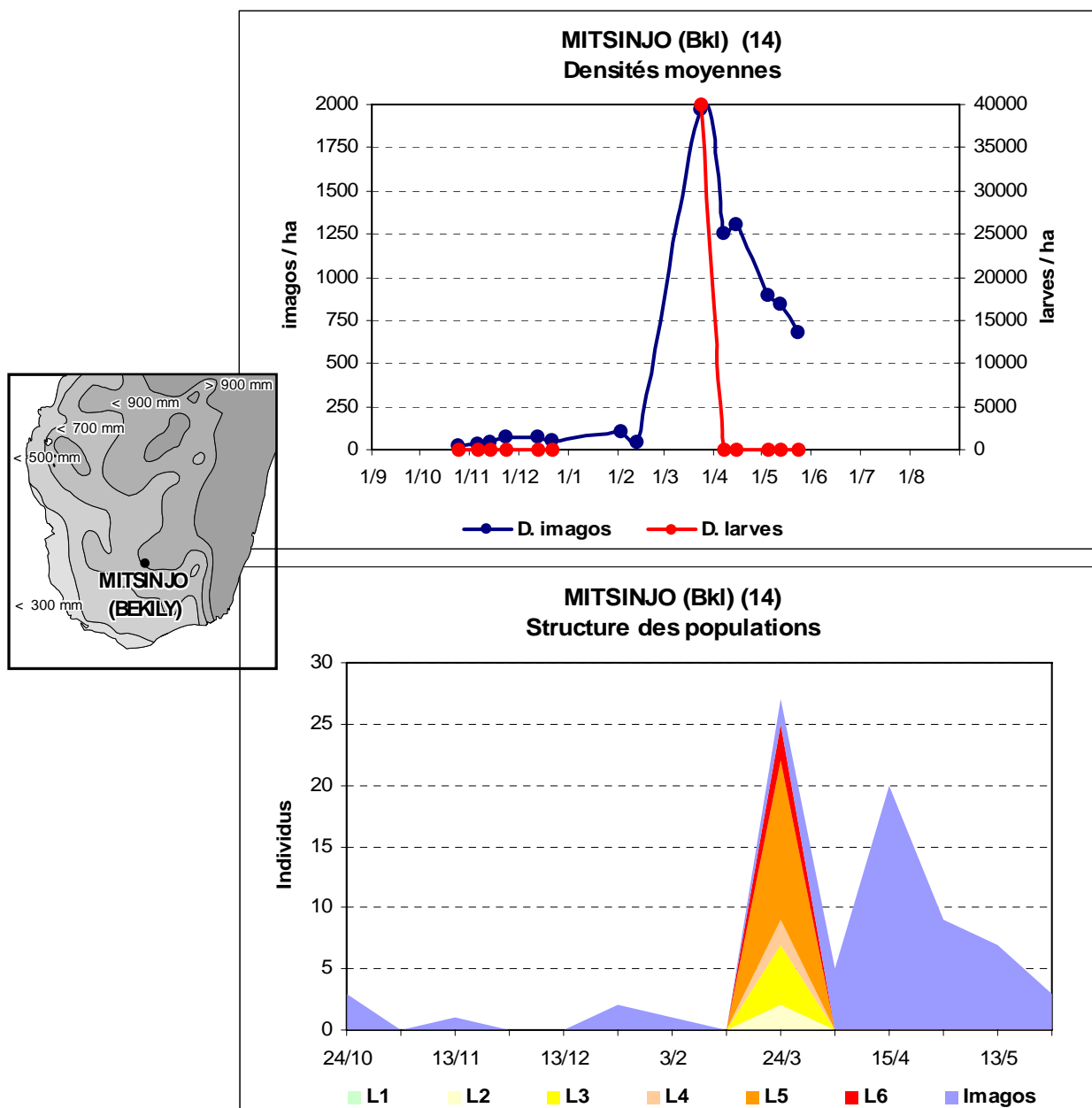
Taux de multiplication :

TE = 0

TL = 0

TR = 0

Mitsinjo (Bkl) (Bekily) 2004-2005



Observations :

La densité de la population imaginaire est très faible en début de saison des pluies 2004-2005. Les larves ne sont étrangement observées qu'une seule fois, le 24 mars (2 L2, 5 L3, 2 L4, 13 L5 et 3 L6 collectés). A la même date on note une forte augmentation de la densité imaginaire que l'on peut estimer être consécutive aux mues imaginaires. La densité d'imagos décroît ensuite régulièrement avec l'avancée de la saison sèche. On a ici les caractéristiques d'une station de reproduction. Malheureusement, la faiblesse de l'échantillonnage larvaire (1 seule observation) fait peser des doutes sur la qualité générale des données obtenues sur cette station. Les taux de multiplication ci-dessous sont données à titre indicatif mais sont sujets à caution.

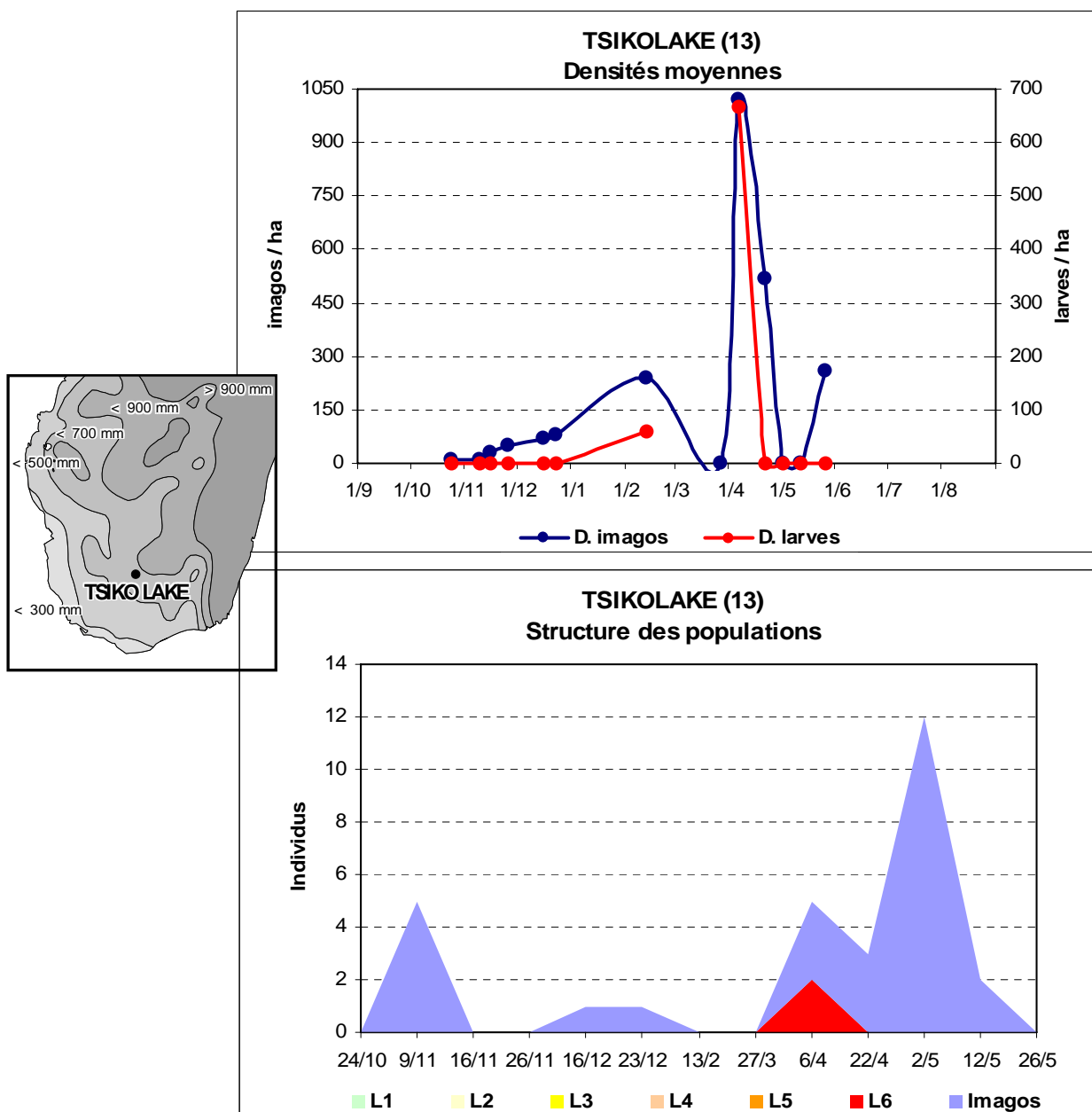
Densités maximales :

dI1 = 70/ha le 23/11
dL = 40000/ha le 24/3
dI2 = 2000/ha le 24/3

Taux de multiplication :

TE = $40000/70 = 571$
TL = $2000/40000 = 0,05$
TR = $2000/70 = 28,57$

Tsikolake (Bekily) 2004-2005



Observations :

La densité imaginale est nulle fin octobre et augmente progressivement avec le début de la saison des pluies. La densité imaginale retenue pour la population parentale déposant ses oeufs sur place est celle du mois de décembre (80/ha). La population observée en début février en plus forte densité ne peut être à l'origine des larves notées dès le début du même mois. Les larves ne sont malheureusement échantillonnées que deux fois du fait d'un manque de prospection. Les jeunes imagos de la génération 2005 sont notés à partir du début avril. Leur densité chute fortement en mai.

Densités maximales :

dI1 = 80/ha le 23/12

(la population observée à 240/ha le 13/2 ne peut être à l'origine de la descendance autochtone)

dL = 670/ha le 6/4

dI2 = 1020/ha le 6/4

Taux de multiplication :

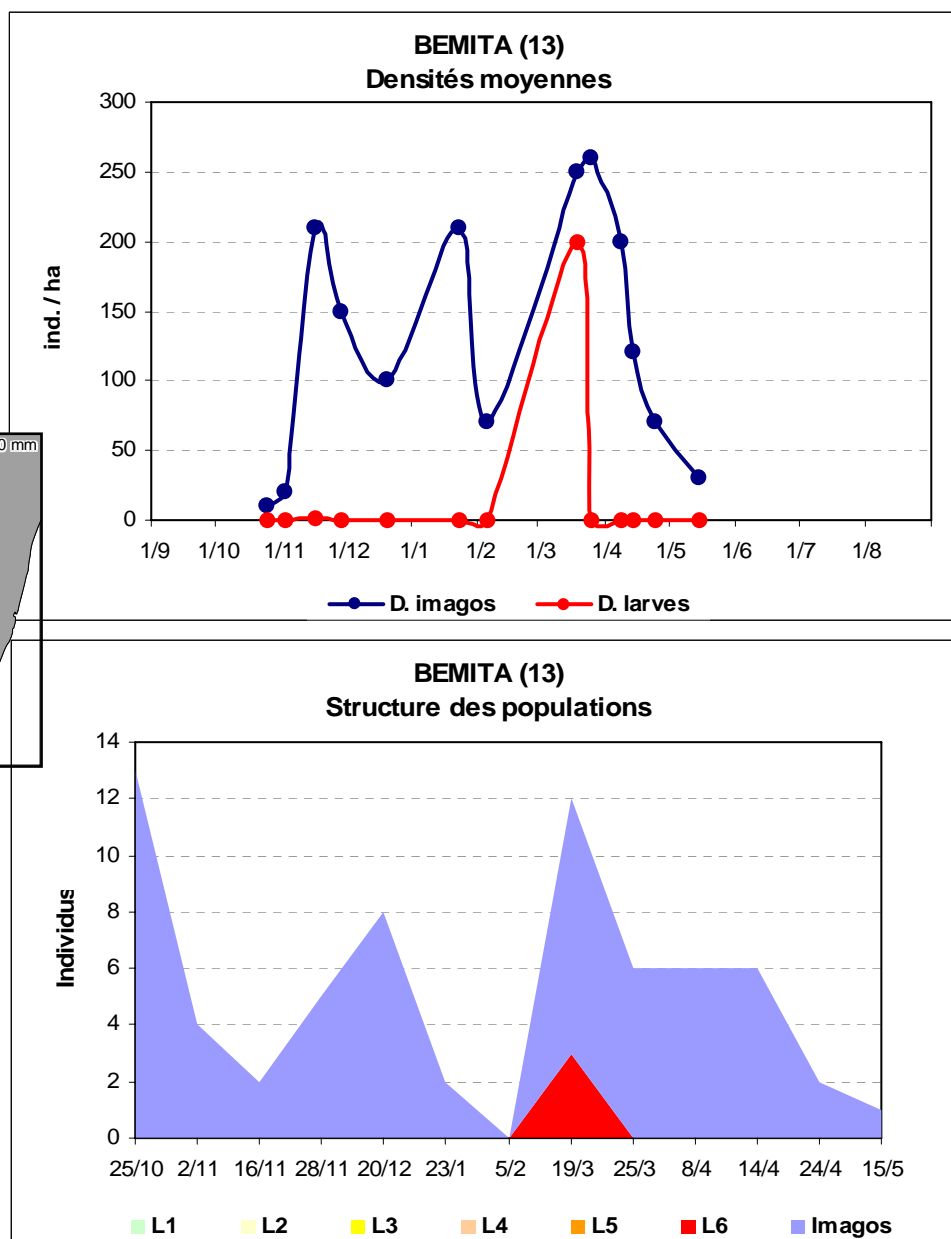
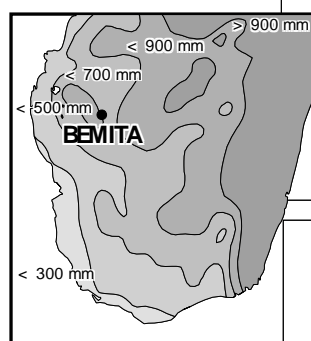
TE = $670/80 = 8,38$

TL = $1020/670 = (1,52)$ (*)

TR = $1020/80 = 12,75$

(*) le taux de réussite du développement larvaire ne peut être supérieur à 1 (si pas de mortalité entre larves et imagos) ; un tel taux supérieur à 1 est impossible et résulte de l'imprécision des observations.

Bemita (Sakaraha) 2004-2005



Observations :

La densité imaginale, très basse en octobre, augmente en novembre et décembre. Elle passe par un nouveau minimum en fin janvier. Les larves sont mal échantillonnées. Trois larves, seulement, de stade 6 sont observées le 19 mars. Les jeunes imagos apparaissent en mars avec un maximum de densité le 25 de ce mois. La densité imaginale chute régulièrement en début de saison sèche et n'est plus que de 30/ha le 15 mai.

Densités maximales :

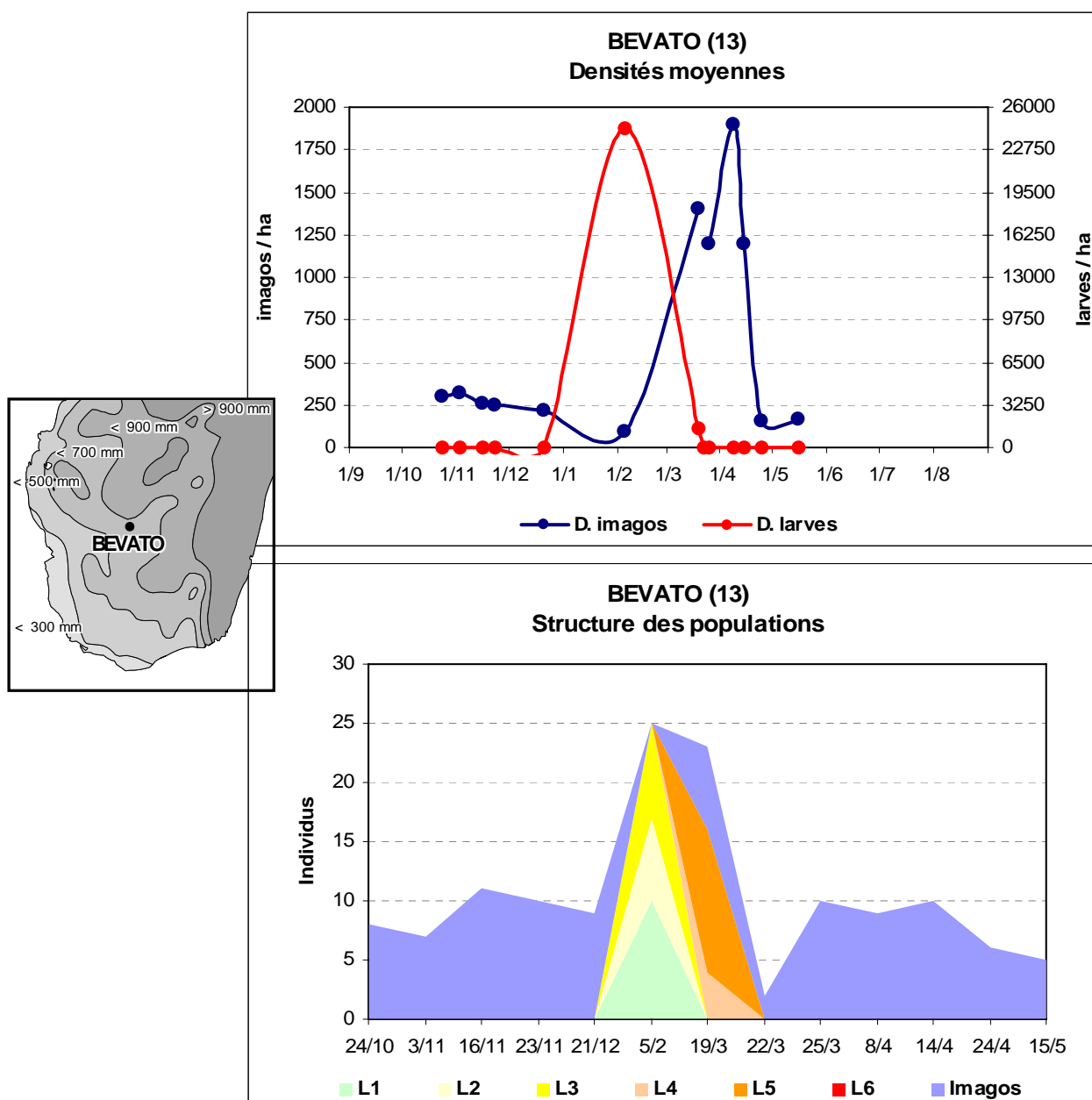
dl1 = 210/ha le 16/11
dL= 200/ha le 19/3
dl2 = 260/ha le 25/3

Taux de multiplication :

TE = 200/210 = 0,95
TL = 260/200 = (1,3) (*)
TR = 260/210 = 1,24

(*) le taux de réussite du développement larvaire ne peut être supérieur à 1 (si pas de mortalité entre larves et imagos) ; un tel taux supérieur à 1 est impossible et résulte de l'imprécision des observations.

Bevato (Sakaraha) 2004-2005



Observations :

La densité imaginale passe par un maximum de 320/ha le 3 novembre puis décroît et s'annule fin janvier. Les larves sont observées en février (10 L1, 7 L2 et 8 L3 le 5 février) et mars (4 L4 et 12 L5 le 19 mars) en densité assez forte. Les jeunes imagos apparaissent à partir de la fin du mois de mars et disparaissent ensuite rapidement dès la fin du mois d'avril.

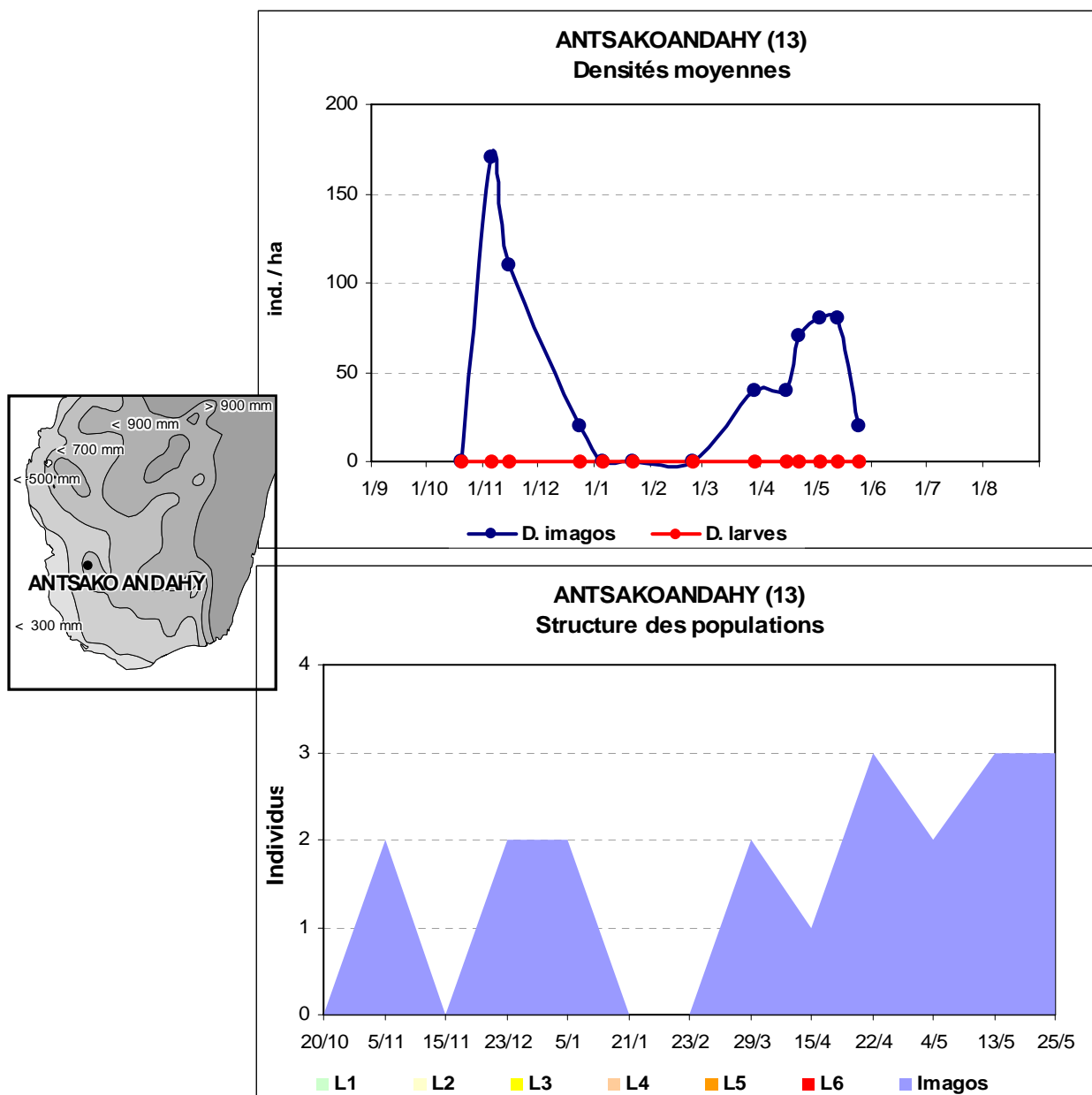
Densités maximales :

di1 = 320/ha le 3/11
dL= 24400/ha le 5/2
di2 = 1900/ha le 8/4

Taux de multiplication :

TE = $24400/320 = 76,25$
TL = $1900/24400 = 0,08$
TR = $1900/320 = 5,94$

Antsakoandahy (Betioky) 2004-2005



Observations :

On observe deux pics de populations imaginales : l'un en début de saison des pluies correspondant à la population parentale, l'autre en fin de saison des pluies devant correspondre à la population fille. Les densités imaginaires sont basses. Le profil est celui d'une station de reproduction mais aucune larve n'a été observée sur cette station, peut-être à cause de leur trop faible densité.

Densités maximales :

dI1 = 170/ha le 5/11

dL = 0

dI2 = 80/ha le 4/5

Taux de multiplication :

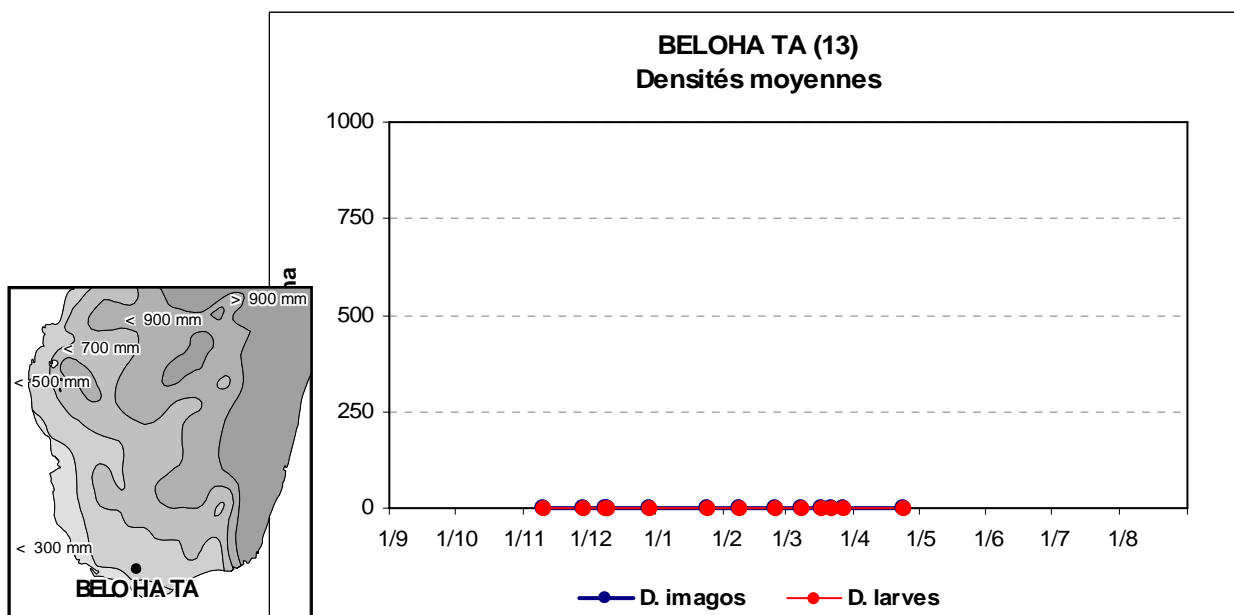
TE = 0

TL = 0

TR = 0

(ou $80/170 = 0,47$ si l'on admet que la population imaginaire d'avril/mai est autochtone malgré l'absence apparente de larves)

Beloha TA (Beloha) 2004-2005



Observations :

Aucun criquet nomade observé tout au long de la saison sur cette station qui fait partie de l'aire limite de l'extrême sud.

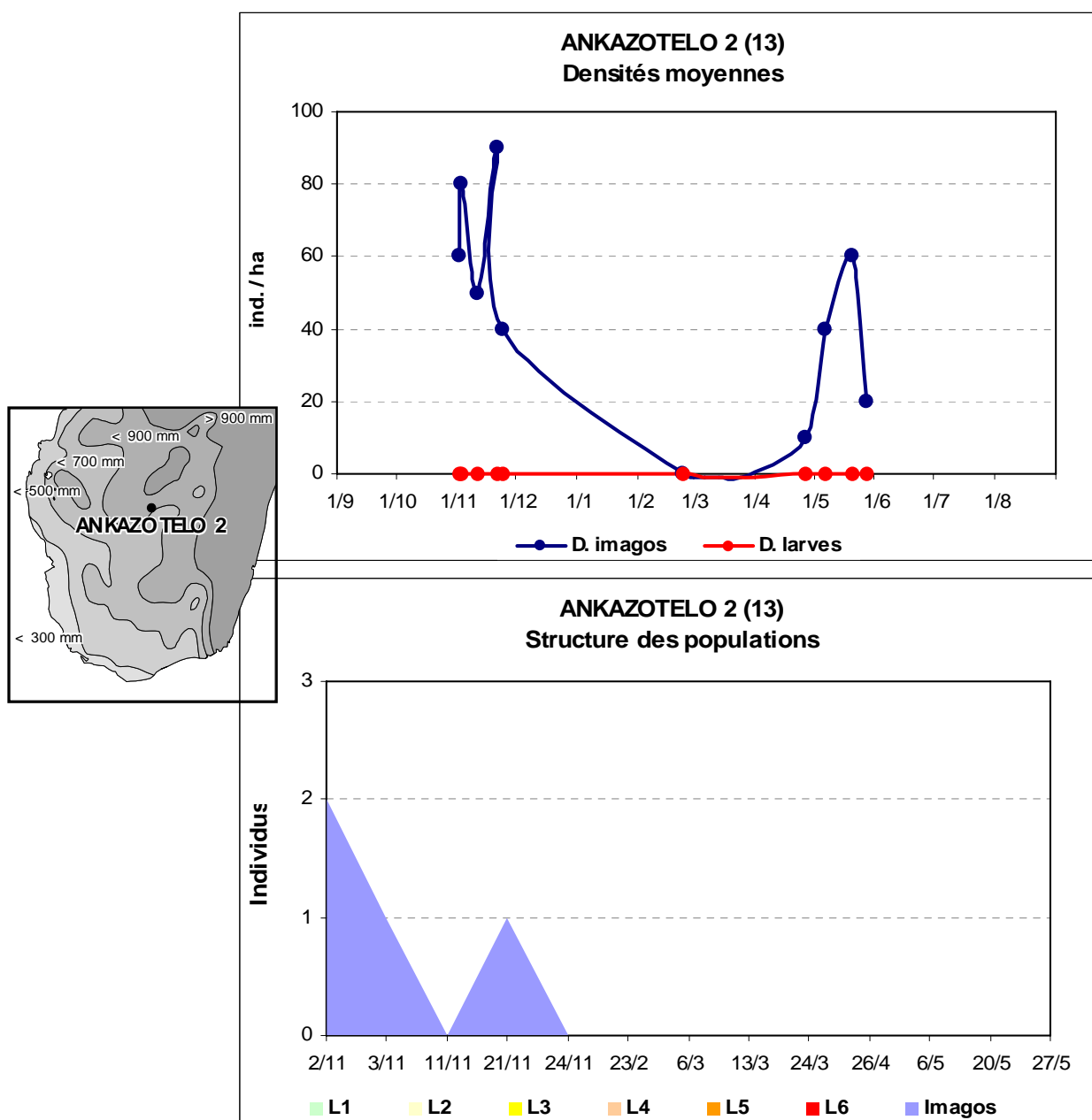
Densités maximales :

dI1 = 0
dL = 0
dI2 = 0

Taux de multiplication :

TE = 0
TL = 0
TR = 0

Ankazotelo 2 (Ranohira) 2004-2005



Observations :

Aucune larve n'est observée sur cette station. La densité imaginale demeure faible. Elle n'est que de 90/ha en novembre au maximum et chute rapidement en décembre. Les imagos, nécessairement allochtones, n'apparaissent de nouveau qu'en mai en très faible densité. Cette station présente un cycle typique d'une station refuge de saison sèche.

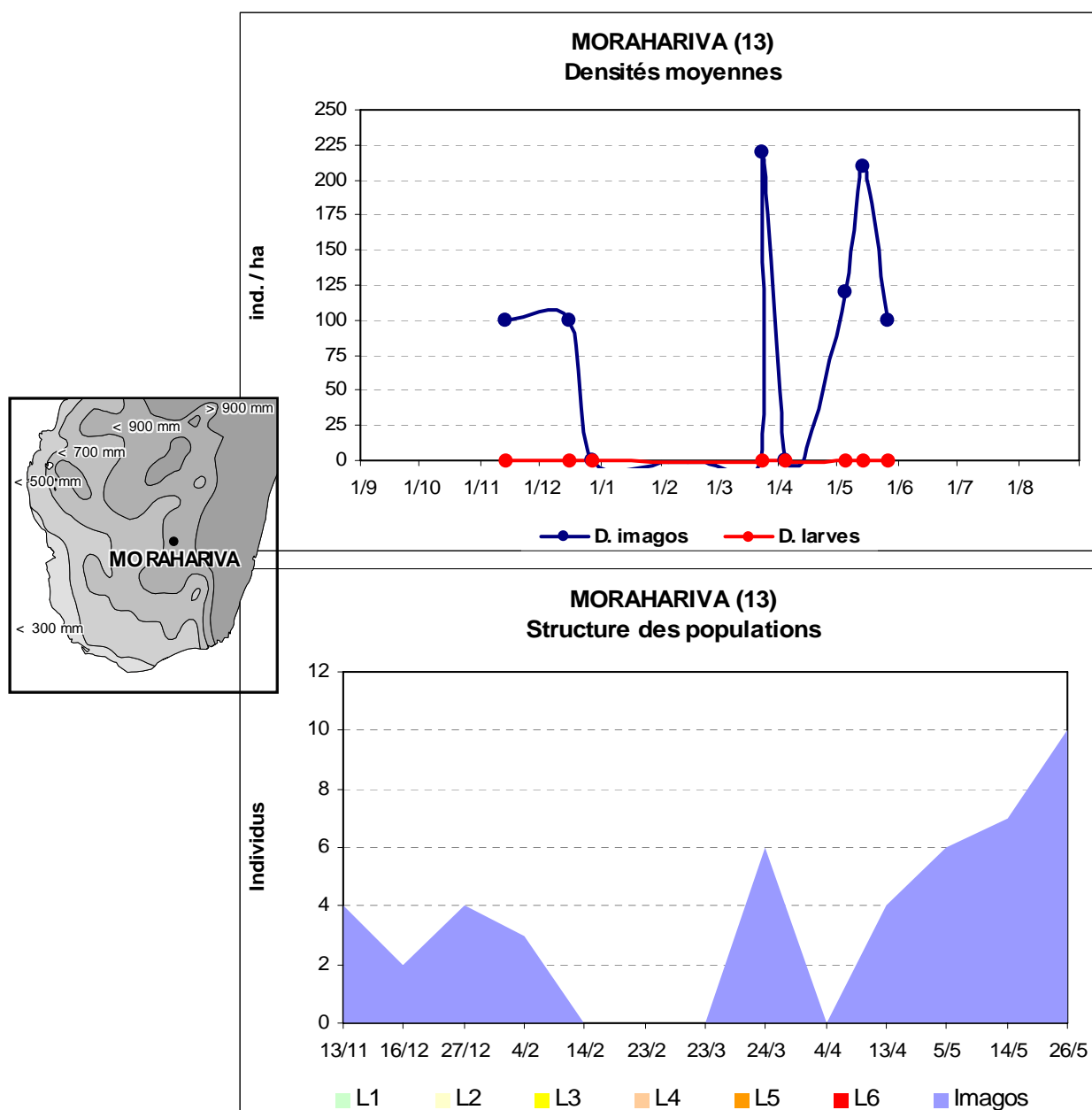
Densités maximales :

dl1 = 90/ha le 21/11
dL = 0
dl2 = 60/ha le 20/5

Taux de multiplication :

TE = 0
TL = 0
TR = 0

Morahariva (Betroka) 2004-2005



Observations :

Aucune larve n'est observée sur cette station. Les imagos sont présents en fin de saison sèche 2004 et à partir du début de la saison sèche 2005. Les densités demeurent faibles. Un premier passage de population immigrante est observé le 24 mars. Cette population disparaît rapidement. Une nouvelle population allochtone colonise la station en mai. Le cycle est typique d'une station refuge de saison sèche.

Densités maximales :

dI1 = 100/ha le 16/12

dL = 0

dI2 = 220/ha le 24/3

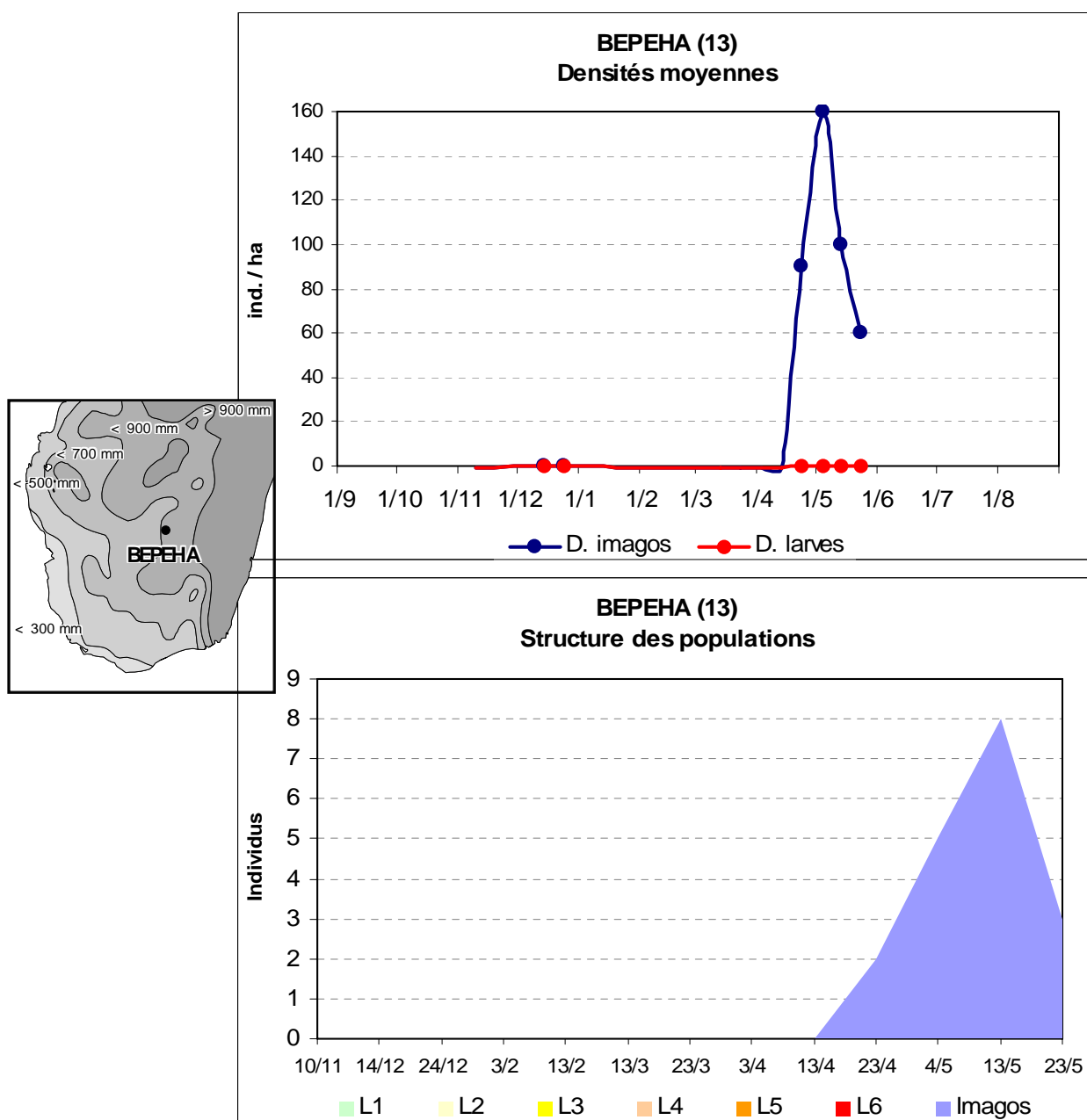
Taux de multiplication :

TE = 0

TL = 0

TR = 0

Bepeha (Betroka) 2004-2005



Observations :

Le criquet nomade est absent de cette station en fin 2004. L'espèce n'apparaît qu'à partir de la fin avril 2005 avec l'arrivée d'une population allochtone. La densité demeure faible et ne dépasse pas 160/ha le 4 mai.

Densités maximales :

dI1 = 0

dL= 0

dI2 = 160/ha le 4/5

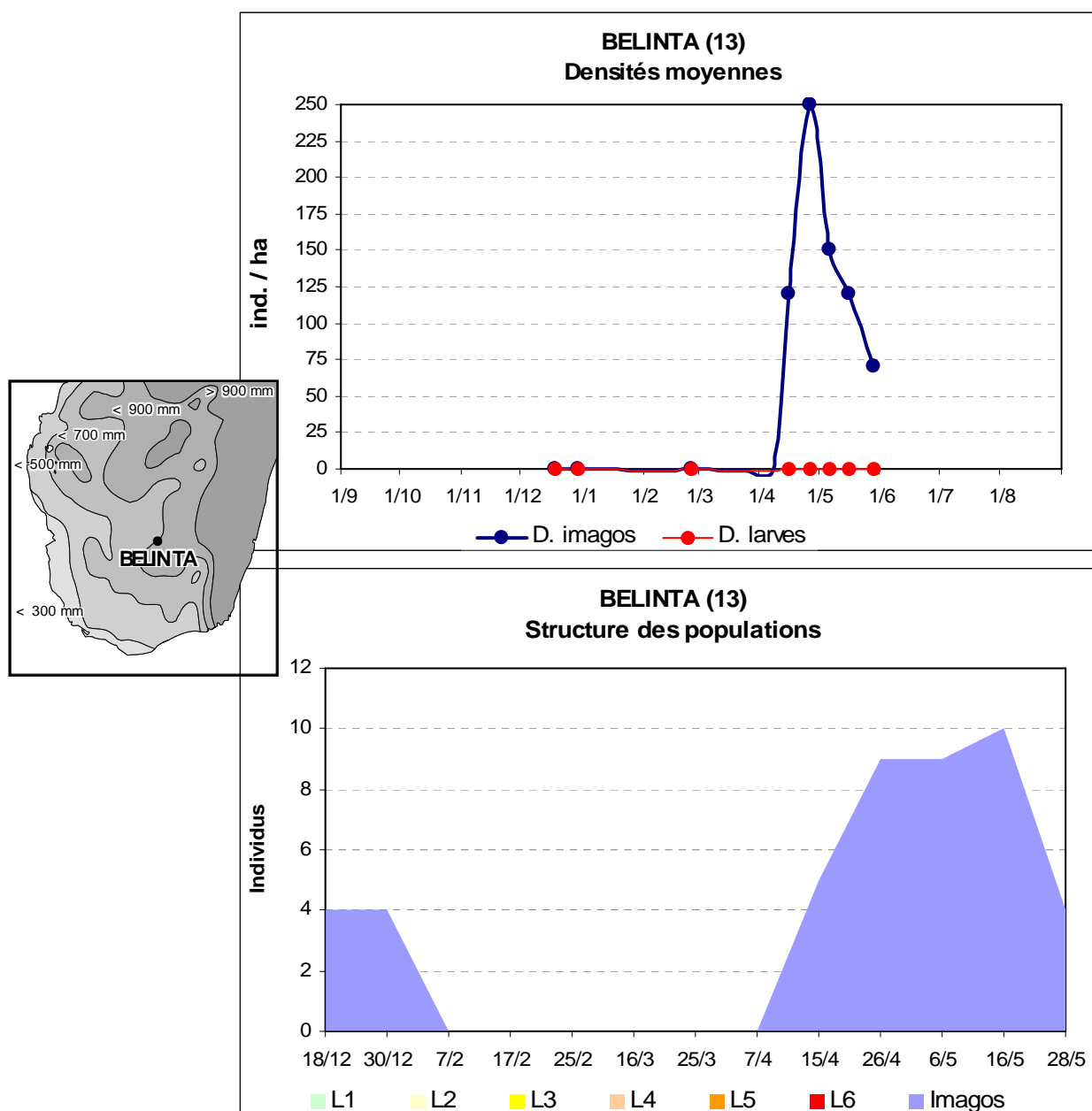
Taux de multiplication :

TE = 0

TL = 0

TR = 0

Belinta (Betroka) 2004-2005



Observations :

Le criquet nomade est absent de cette station en fin 2004. L'espèce n'apparaît qu'à partir de la fin avril 2005 avec l'arrivée d'une population allochtone. La densité demeure faible et ne dépasse pas 250/ha le 26 avril.

Densités maximales :

dI1 = 0

dL = 0

dI2 = 250/ha le 26/4

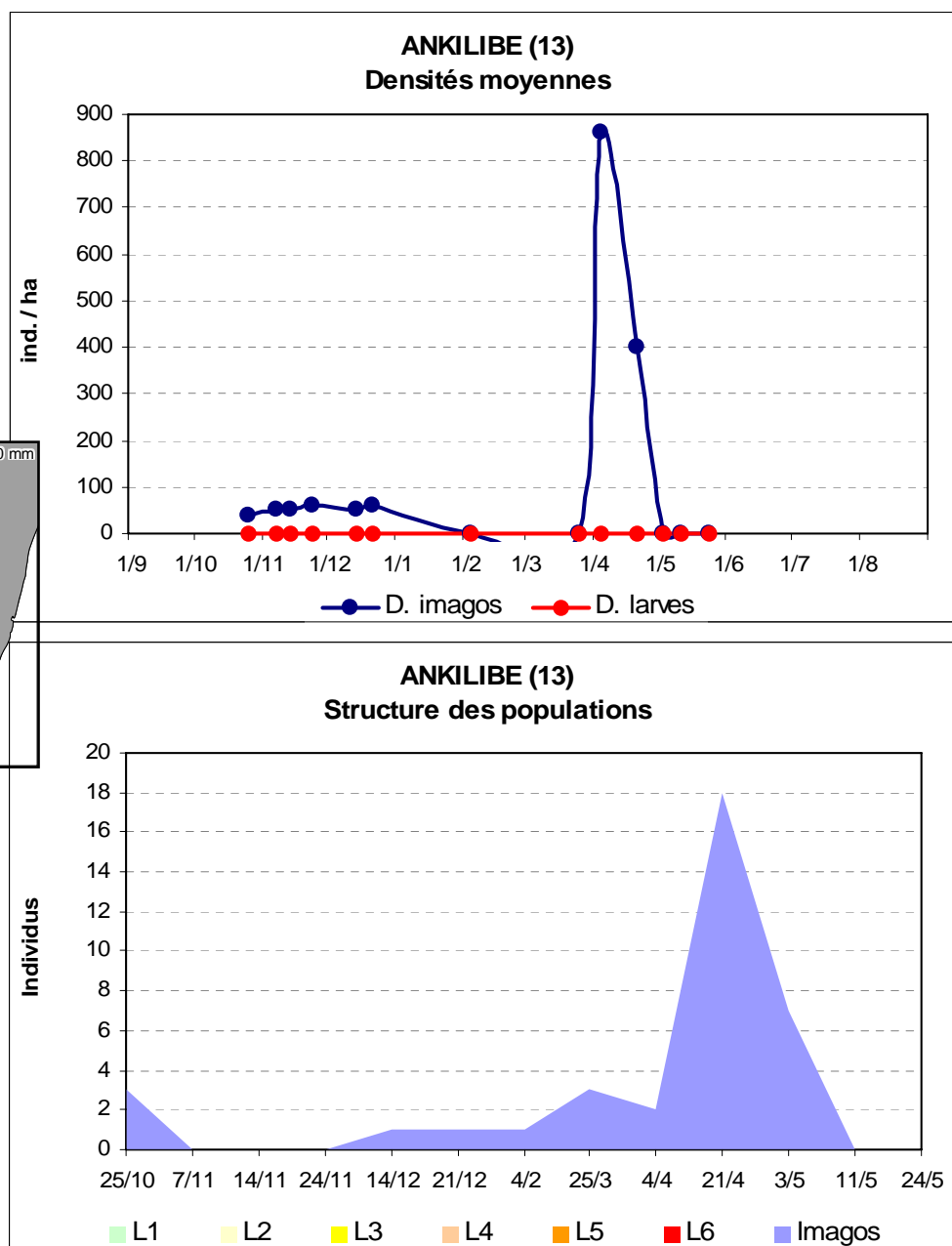
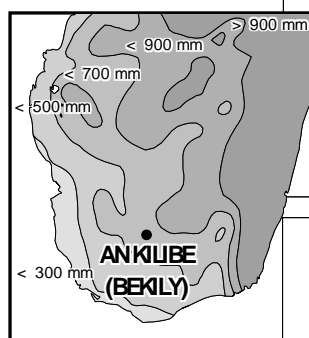
Taux de multiplication :

TE = 0

TL = 0

TR = 0

Ankilibe (Bekily) 2004-2005



Observations :

A densité imaginale est faible en fin 2004 (aux alentours de 50/ha en moyenne). Les imagos disparaissent au cœur de la saison des pluies. Aucune larve n'est observée. Les imagos réapparaissent en avril avec le passage d'une population allochtone entre le 4 et la 21 avril. Ils disparaissent de nouveau à partir du mois de mai.

Densités maximales :

dl1 = 60/ha le 21/12

dL= 0

dl2 = 860/ha le 4/4

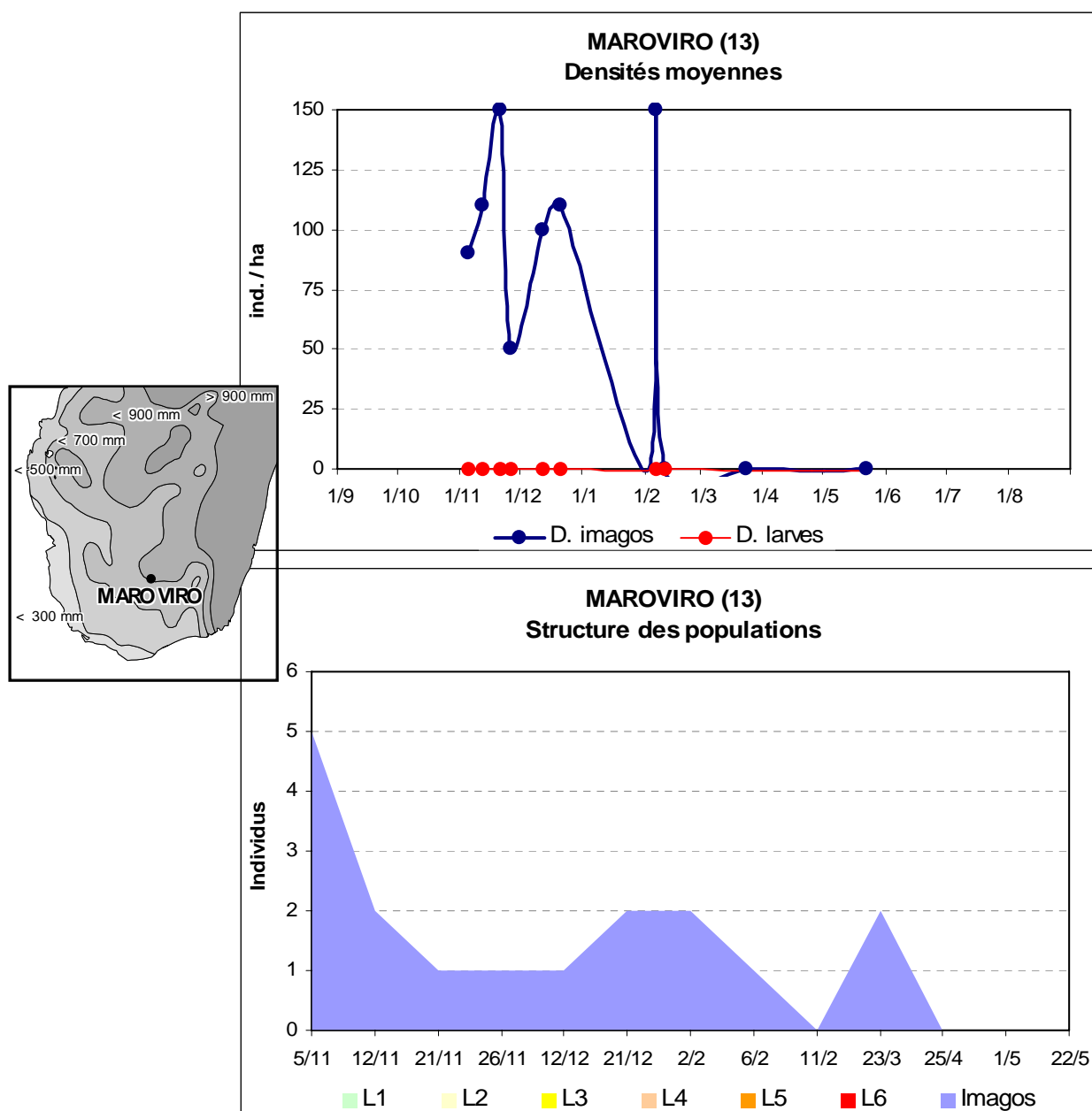
Taux de multiplication :

TE = 0

TL = 0

TR = 0

Maroviro (Bekily) 2004-2005



Observations :

Aucune larve n'est observée sur cette station. Les imagos sont présents en faible densité en début de saison des pluies 2004-2005. Ils disparaissent en début 2005. Un bref passage de population imaginale est observé le 6 février, mais la densité imaginale est nulle le 2 février et redevient nulle à partir du 11. Par la suite plus aucun criquet nomade n'est observé.

Densités maximales :

dI1 = 150/ha le 21/11

dL = 0

dI2 = 0

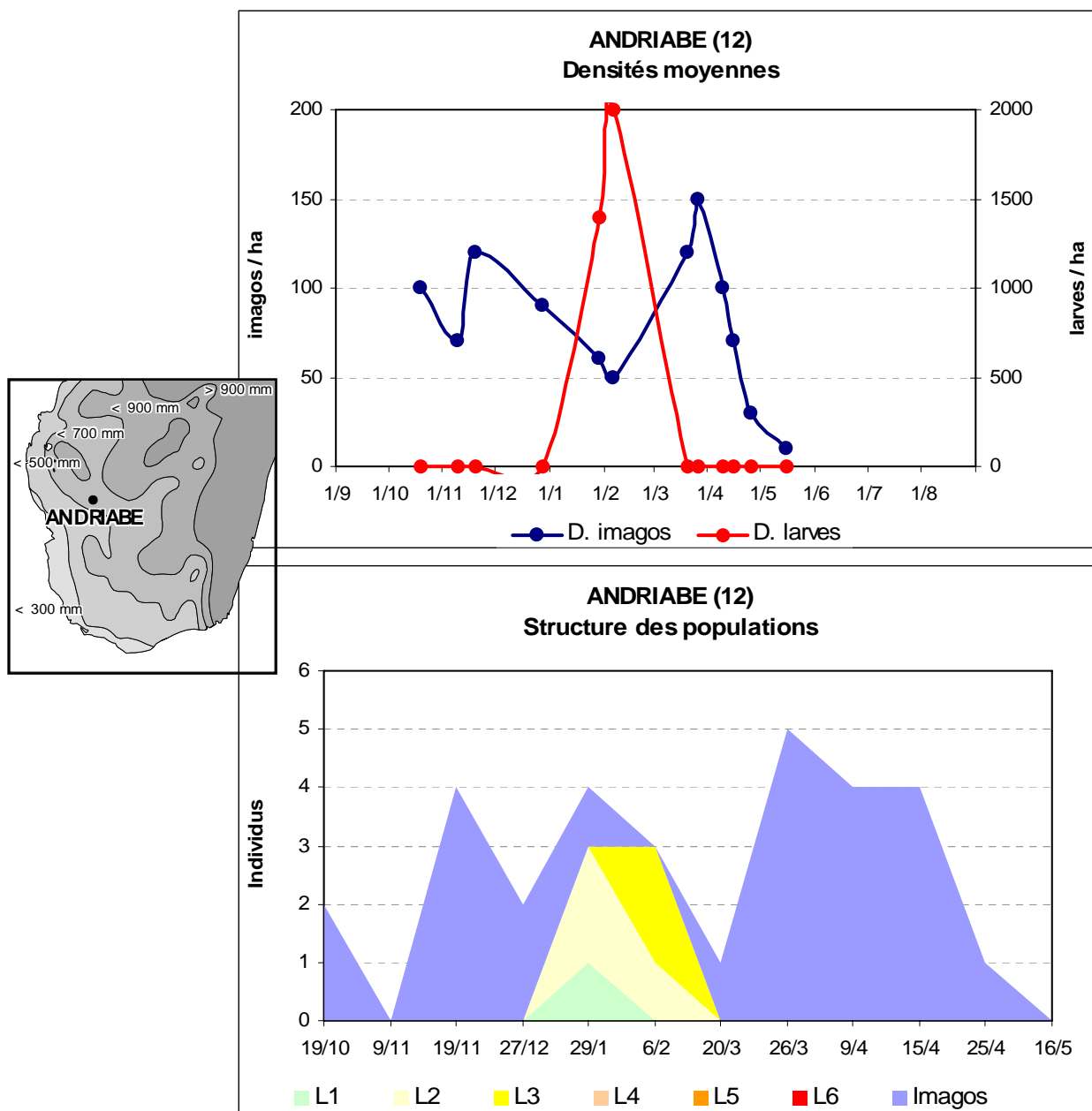
Taux de multiplication :

TE = 0

TL = 0

TR = 0

Andriabe (Sakaraha) 2004-2005



Observations :

La densité d'imagos passe par deux maxima : l'un en début de saison des pluies en novembre avec les vieux imagos en période de ponte, l'autre en fin de saison des pluies en fin mars avec les jeunes imagos de la nouvelle génération. Les larves sont observées au coeur de la saison des pluies en janvier (1 L1 et 2 L2 le 29/1) et février (1 L2 et 2 L3 le 6/2). Malgré un nombre de prospections assez faible et peu de collectes de larves, l'allure générale du cycle est celui d'une station de reproduction de saison des pluies.

Densités maximales :

dI1 = 120/ha le 19/11

dL= 2000/ha le 6/2

dI2 = 150/ha le 26/3

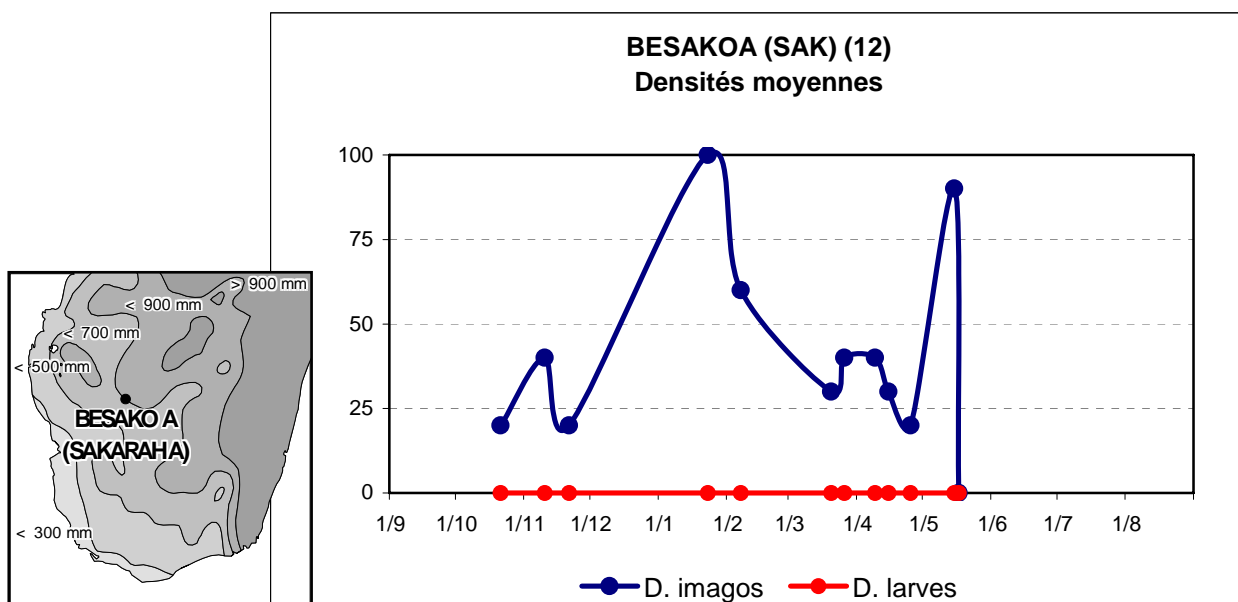
Taux de multiplication :

TE = 2000/120 = 16,67

TL = 150/2000 = 0,08

TR = 150/120 = 1,25

Besakoa (Sak) (Sakaraha) 2004-2005



Observations :

Aucune larve n'est observée. La densité imaginale demeure faible avec des fluctuations assez anarchiques au gré des mouvements de populations migrantes. Il semble s'agir d'une zone intermédiaire entre zone refuge de saison sèche et zone de reproduction de saison des pluies.

Densités maximales :

dI1 = 100/ha le 23/1

dL = 0

dI2 = 90/ha le 15/5

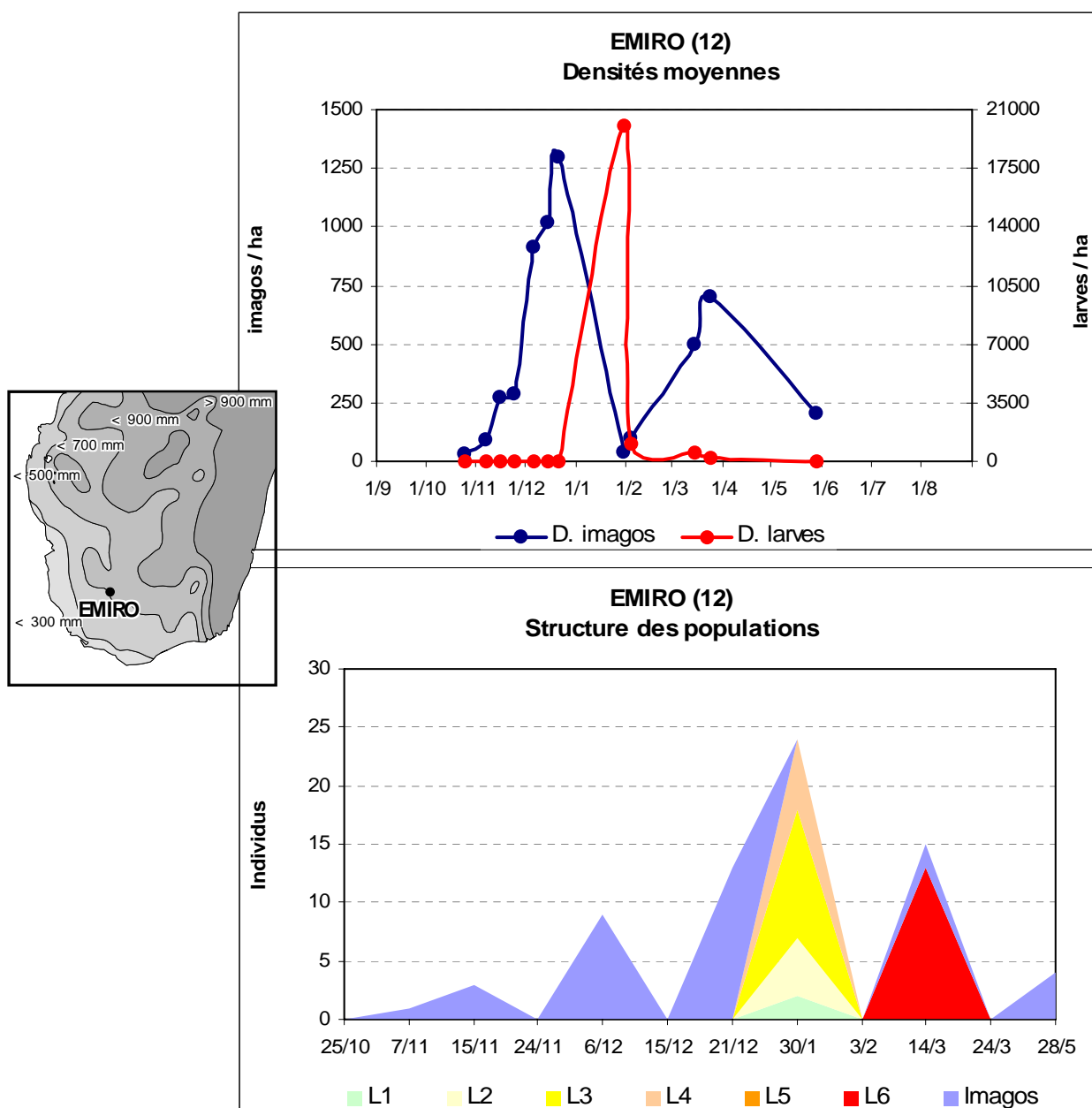
Taux de multiplication :

TE = 0

TL = 0

TR = 0

Emiro (Ejeda) 2004-2005



Observations :

La densité d'imagos est très faible en fin de saison sèche (30/ha le 25/10). Elle augmente fortement en début de saison des pluies et atteint 1300/ha le 21 décembre. La densité imaginale chute ensuite fortement et s'annule en fin janvier. Les larves sont observées au cœur de la saison des pluies en densité forte fin janvier (20000/ha : 2 L1, 5 L2, 11 L3 et 6 L4). Treize larves de stade 6 sont observées le 14 mars. Les jeunes imagos de la génération fille sont notés en mars. L'allure générale du cycle est celui d'une station de reproduction de saison des pluies.

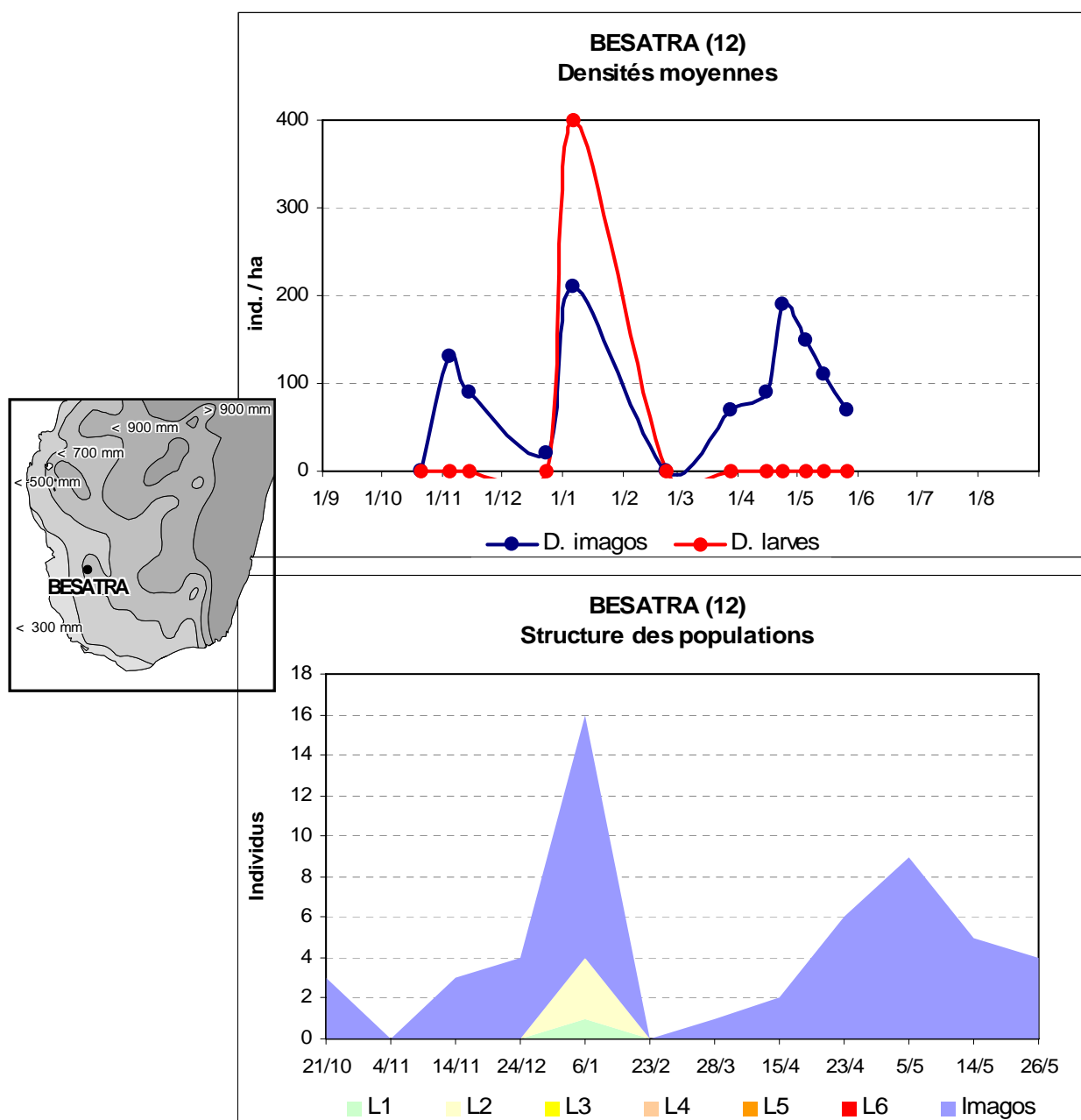
Densités maximales :

dl1 = 1300/ha le 21/12
dL = 20000/ha le 30/1
dl2 = 700/ha le 24/3

Taux de multiplication :

TE = 20000/1300 = 15,38
TL = 700/20000 = 0,04
TR = 700/1300 = 0,54

Besatra (Betioky) 2004-2005



Observations :

Les imagos de la génération parentale sont observés du 4 novembre jusqu'au 6 janvier, avec deux pics de densité l'un le 4 novembre (130/ha) et l'autre le 6 janvier (210/ha). Les imagos disparaissent ensuite jusqu'à la fin mars. Quelques larves sont observées en faible densité en janvier. Les imagos de la nouvelle génération apparaissent à partir de la fin du mois de mars.

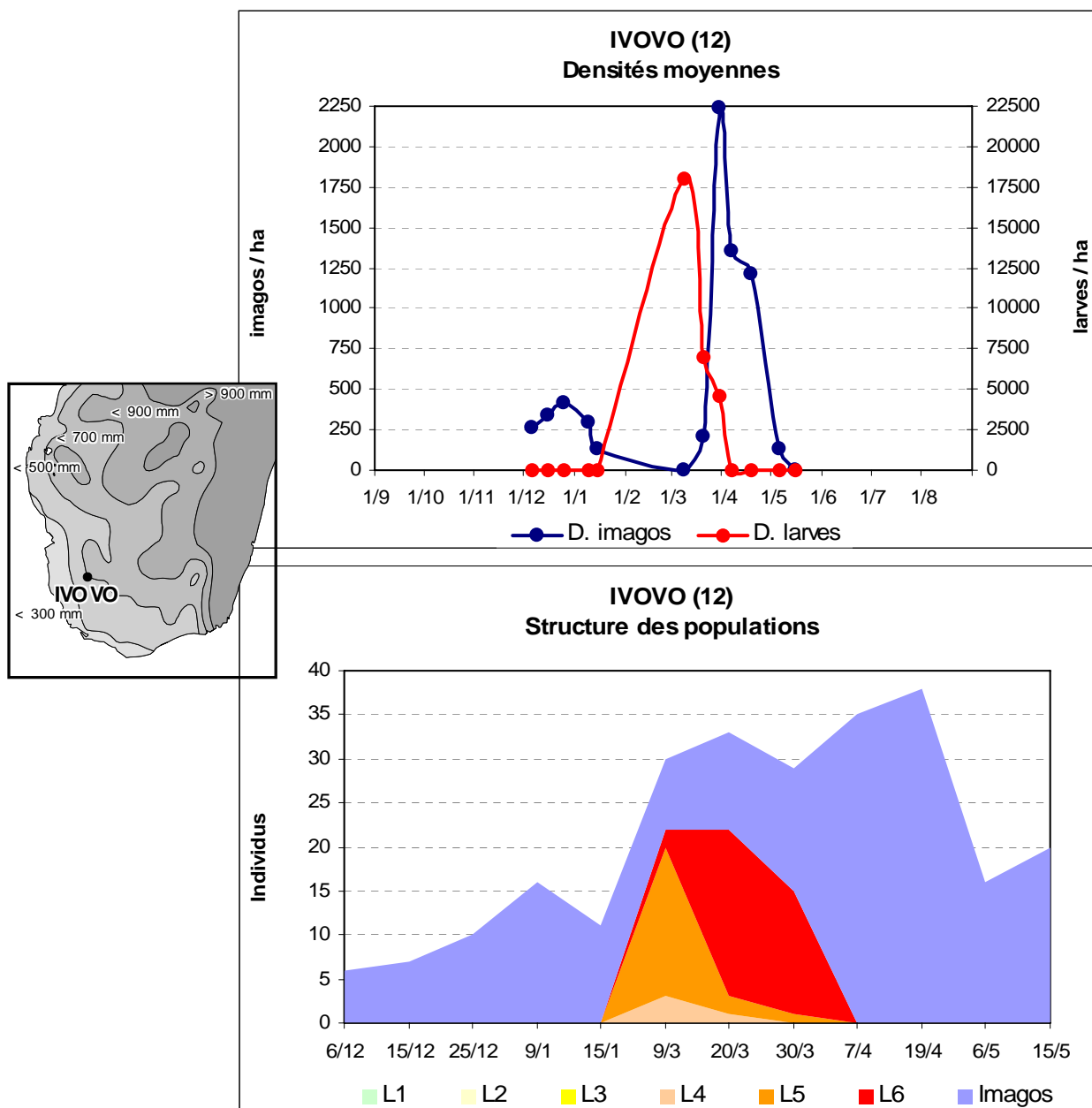
Densités maximales :

dI1 = 130/ha le 4/11 et 210/ha le 6/1
dL = 400/ha le 6/1
dI2 = 190/ha le 23/4

Taux de multiplication :

TE = $400/210 = 1,90$
TL = $190/400 = 0,48$
TR = $190/130 = 1,46$

Ivovo (Beahitse) 2004-2005



Observations :

La densité imaginale augmente sensiblement en début de saison des pluies. Les imagos disparaissent ensuite en janvier et février. Des larves sont observées en mars (aucune n'a été notée plus tôt faute de prospection) en densité assez forte. Les jeunes imagos apparaissent à partir du 20 mars et leur densité devient maximale le 30 de ce mois. Ces imagos émigrent rapidement. La densité imaginale chute régulièrement en avril et devient nulle dès le 15 mai. Cette station présente le cycle typique d'une station de reproduction de saison des pluies.

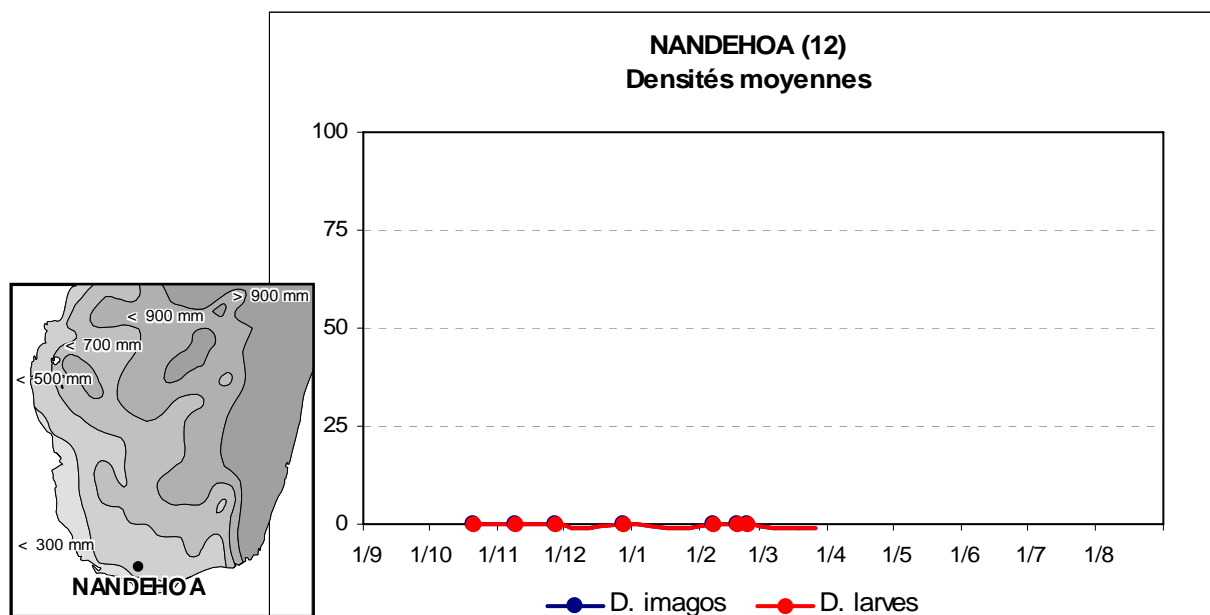
Densités maximales :

dl1 = 420/ha le 25/12
dL = 18000/ha le 9/3
dl2 = 2220/ha le 30/3

Taux de multiplication :

TE = $18000/420 = 42,86$
TL = $2220/18000 = 0,12$
TR = $2220/420 = 5,29$

Nandehoa (Beloha) 2004-2005



Observations :

Aucun criquet nomade n'est observé sur cette station en 2004-2005. Nandehoa apparaît bien comme une station de l'aire limite de l'extrême sud.

Densités maximales :

dI1 = 0

dL = 0

dI2 = 0

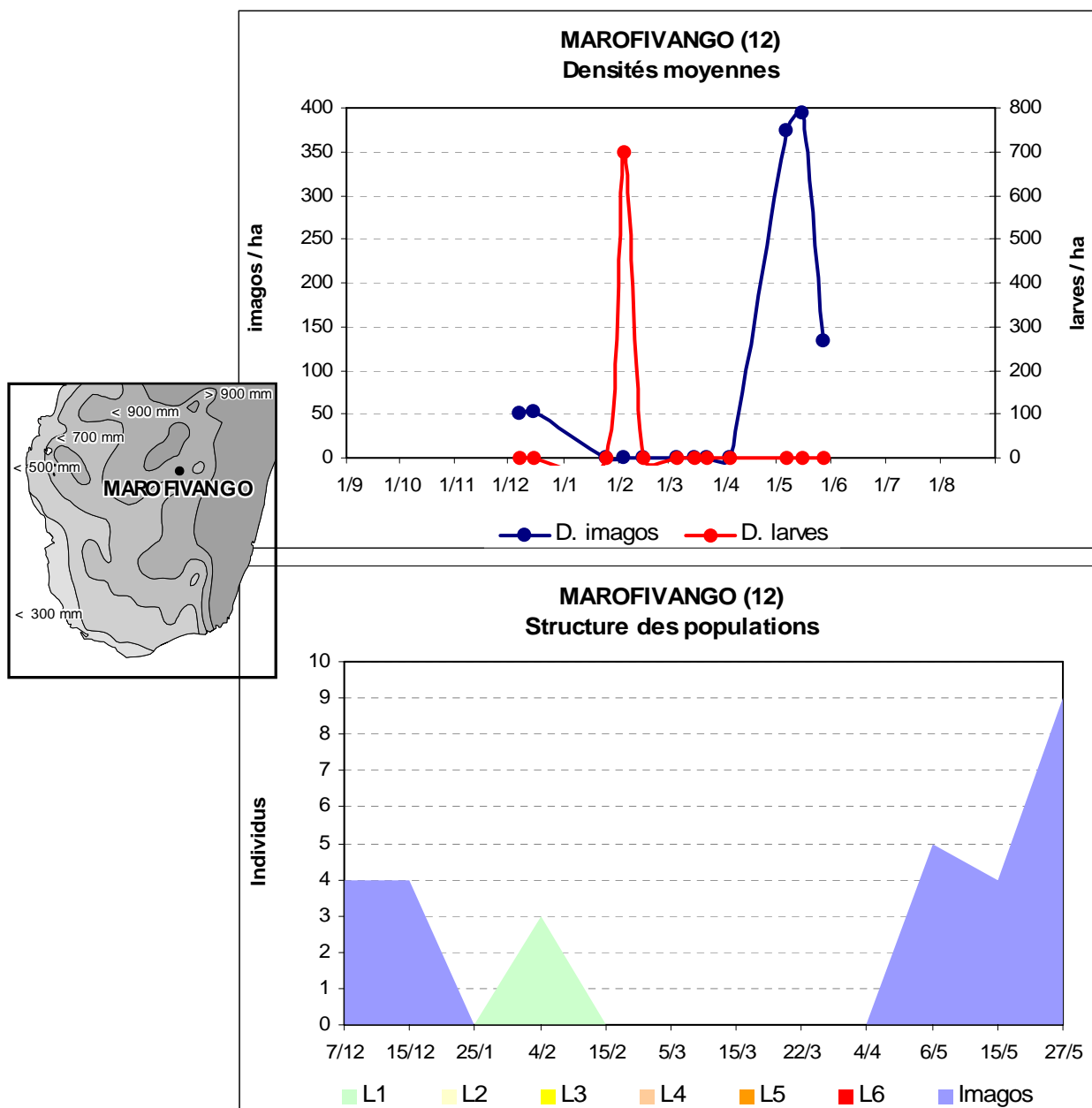
Taux de multiplication :

TE = 0

TL = 0

TR = 0

Marofivango (Ihosy) 2004-2005



Observations :

La densité imaginale est faible en début de saison des pluies puis s'annule entre janvier et la mi-mai. Seules 3 larves L1 sont observées le 4 février. Aucune larve par la suite et la population autochtone est sans doute inexistante. La densité imaginale augmente soudainement le 6 mai avec une arrivée d'imagos allochtones. Malgré la présence de quelques rares larves, cette station présente essentiellement les caractéristiques d'une station refuge de saison sèche.

Densités maximales :

dI1 = 50/ha le 15/12

dL = 700/ha le 4/2

dI2 = 400/ha le 15/5 (population allochtone)

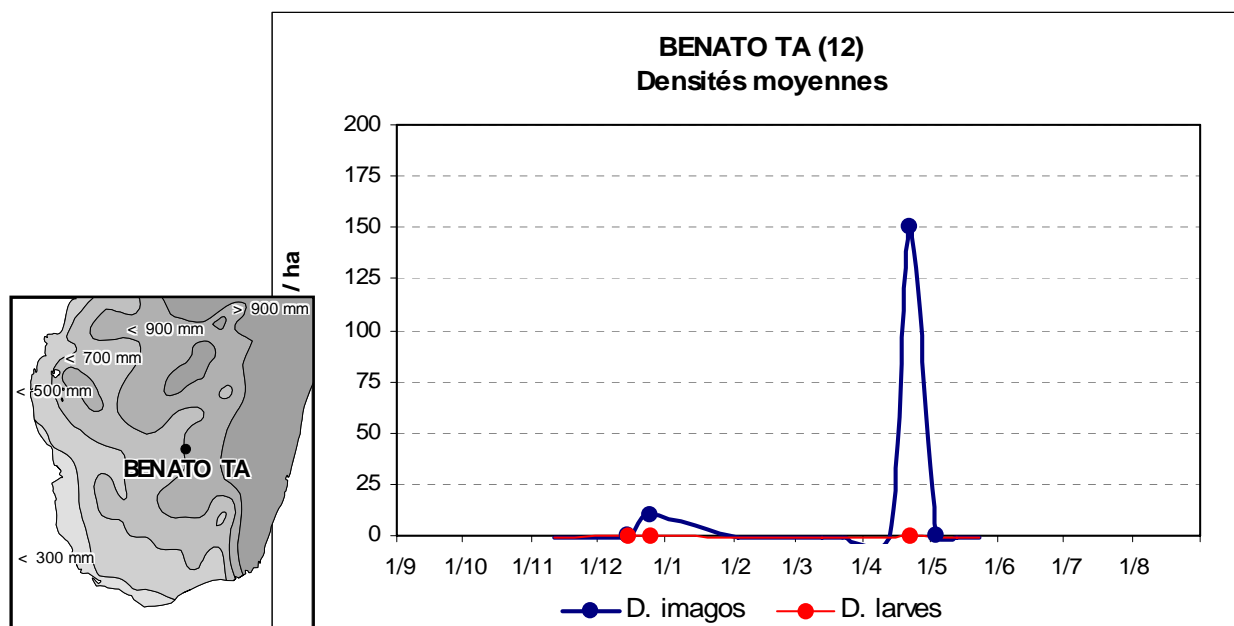
Taux de multiplication :

TE = $700/50 = 14,0$

TL = $400/700 = 0,57$

TR = 0 (population allochtone)

Benato TA (Betroka) 2004-2005



Observations :

L'espèce est quasi absente de cette station. Quelques imagos sont notés en deux occasions : le 25 décembre (génération parentale) et le 22 avril (immigrants de la nouvelle génération ne faisant que transiter sur la station).

Densités maximales :

dI1 = 10/ha le 25/12

dL = 0

dI2 = 150/ha le 22/4

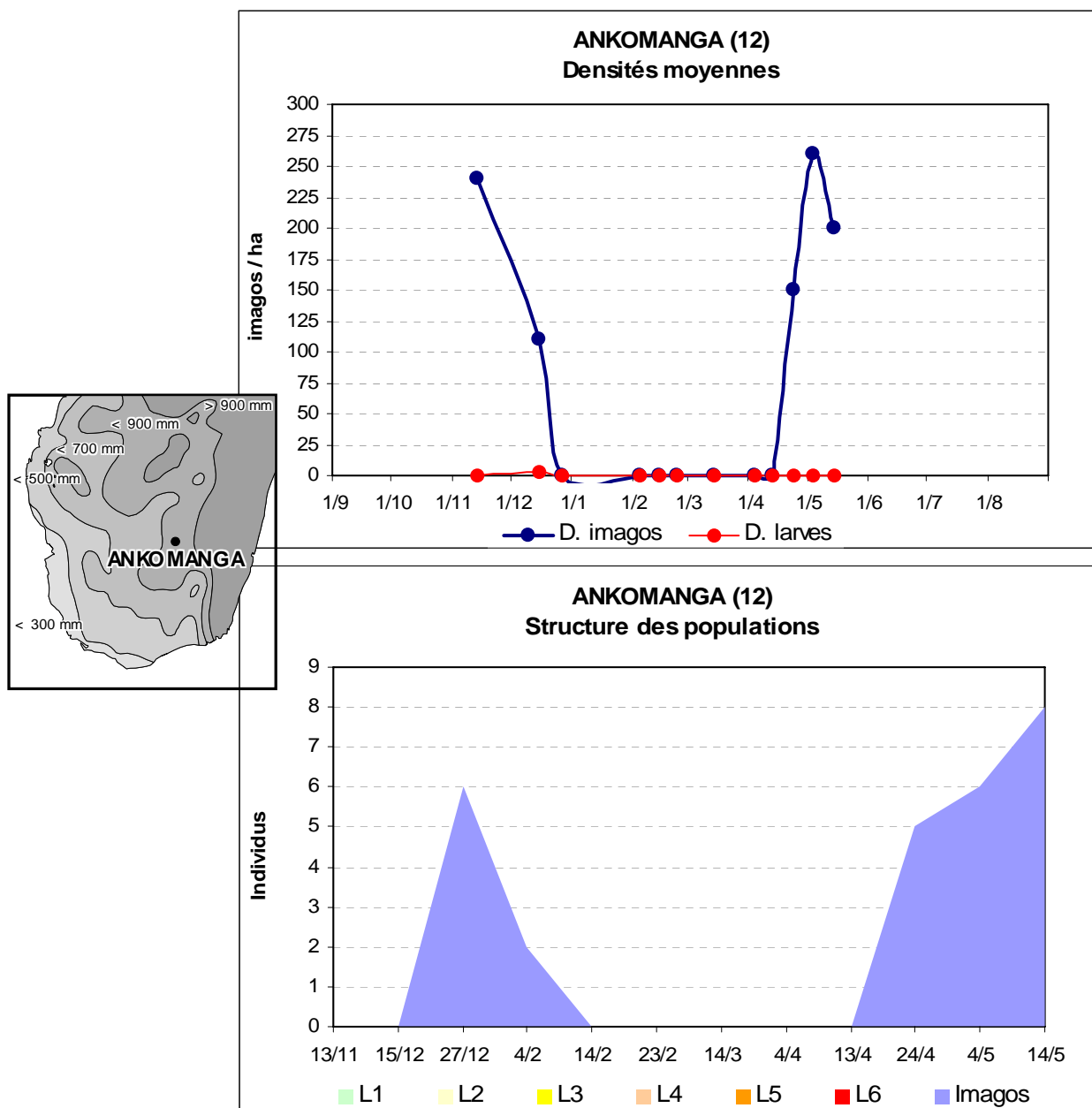
Taux de multiplication :

TE = 0

TL = 0

TR = 0

Ankomanga (Betroka) 2004-2005



Observations :

L'espèce n'est présente qu'en saison sèche sur cette station. La densité imaginale décroît rapidement après la mi-novembre et devient nulle fin décembre. Aucune larve n'est collectée. La densité n'augmente de nouveau qu'avec l'arrivée d'une population immigrante à partir de la fin du mois d'avril. Cette station présente le cycle typique d'une zone refuge de saison sèche.

Densités maximales :

dI1 = 240/ha le 13/11

dL = 0

dI2 = 260/ha le 4/5

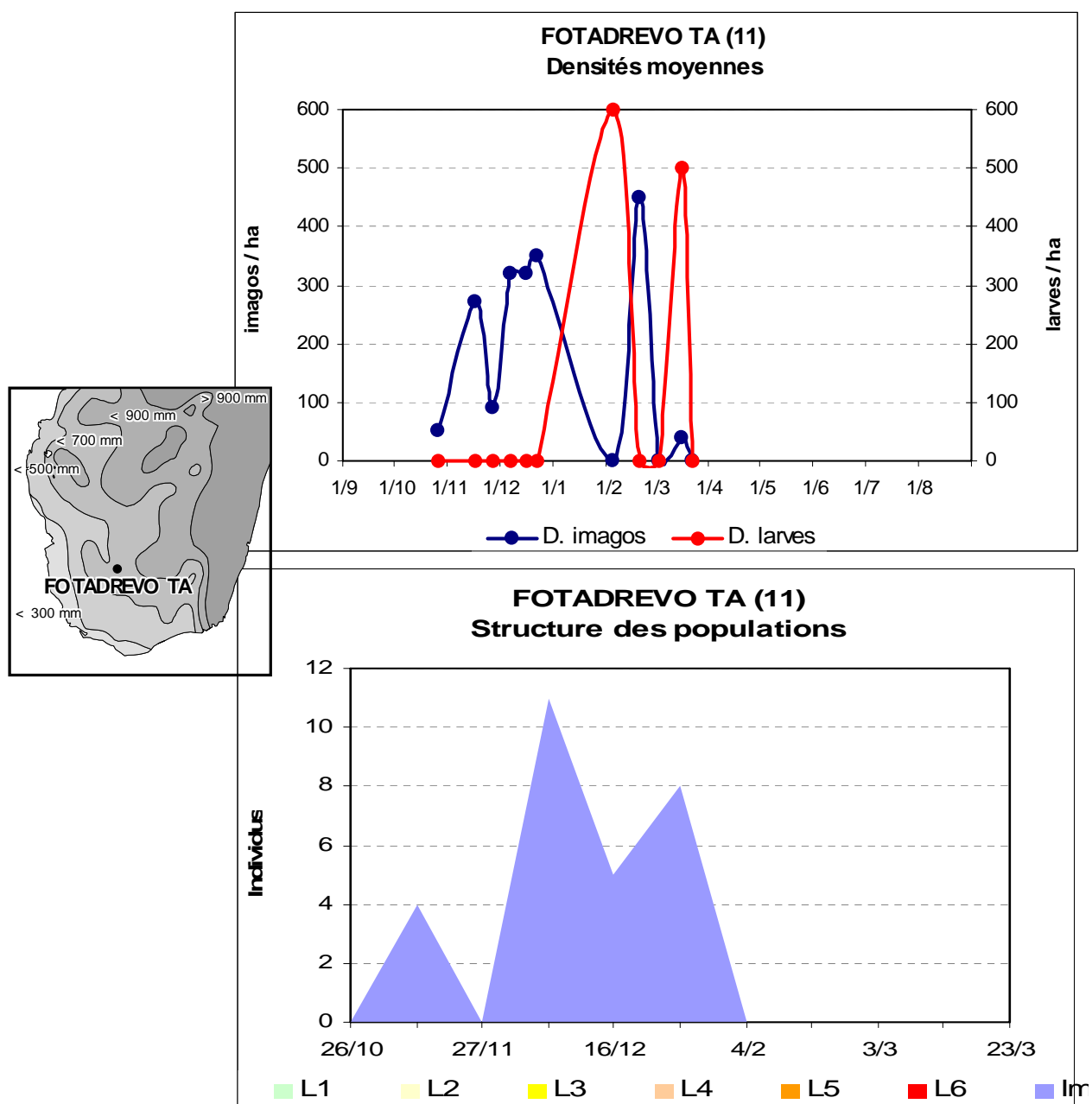
Taux de multiplication :

TE = 0

TL = 0

TR = 0

Fotadrevo TA (Ejeda) 2004-2005



Observations :

La densité d'imagoes augmente en début de saison des pluies, culmine en décembre et s'annule en janvier. Un pic de population imaginale est ensuite observé le 20 février sans qu'il soit possible de savoir s'il s'agit de vieux individus de la génération parentale ou des jeunes, précoces, de la génération fille. Quelques larves sont observées en février et mars. Les quelques données collectées ici indiquent que le cycle sur cette station est sans doute celui d'une zone de reproduction, mais de nombreuses incertitudes demeurent et les taux de multiplication donnés ci-dessous doivent être considérés avec précaution.

Densités maximales :

dI1 = 350/ha le 22/12

dL = 600/ha le 4/2

dI2 = 40/ha le 16/3

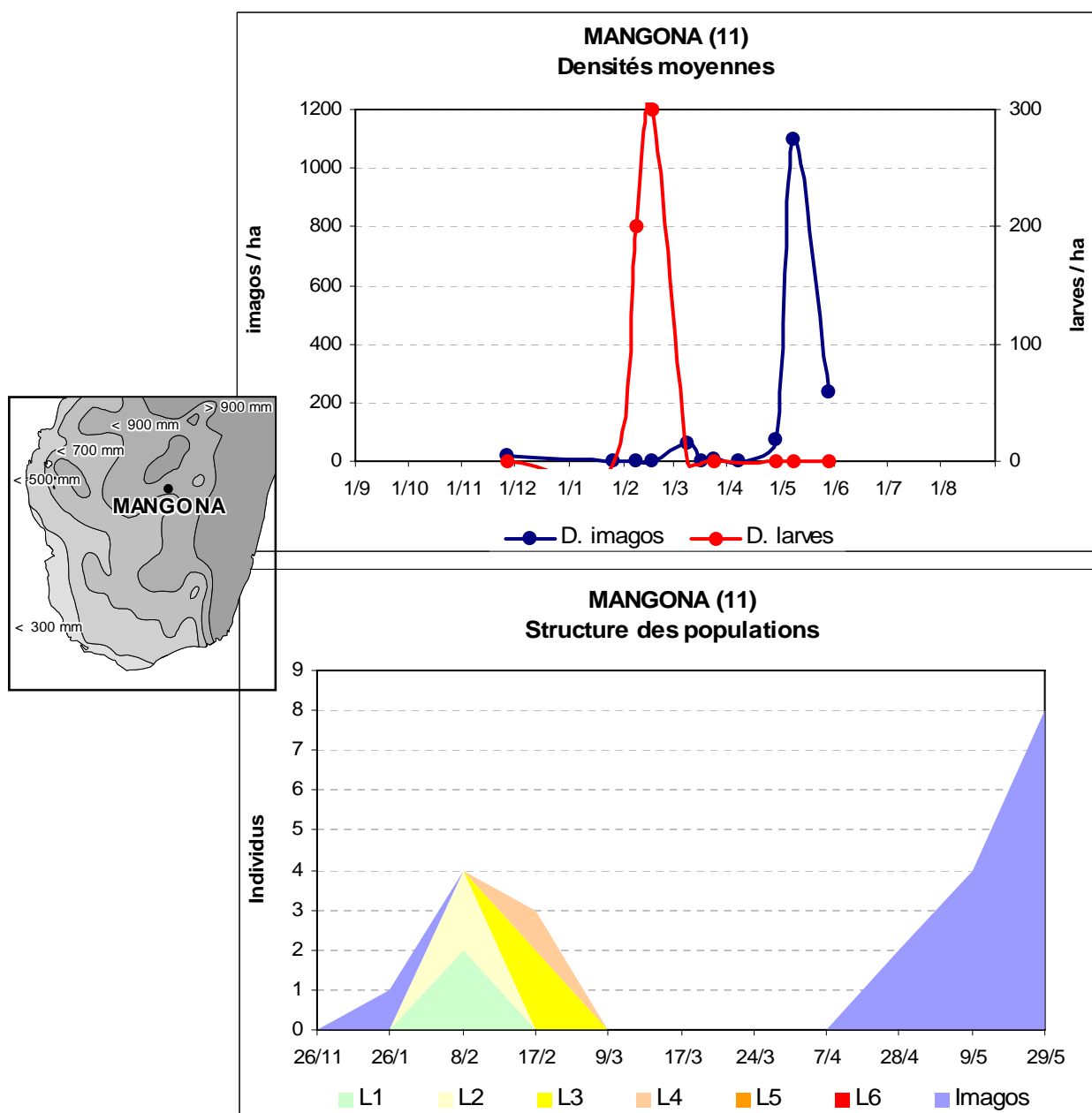
Taux de multiplication :

TE = 600/350 = 1,71

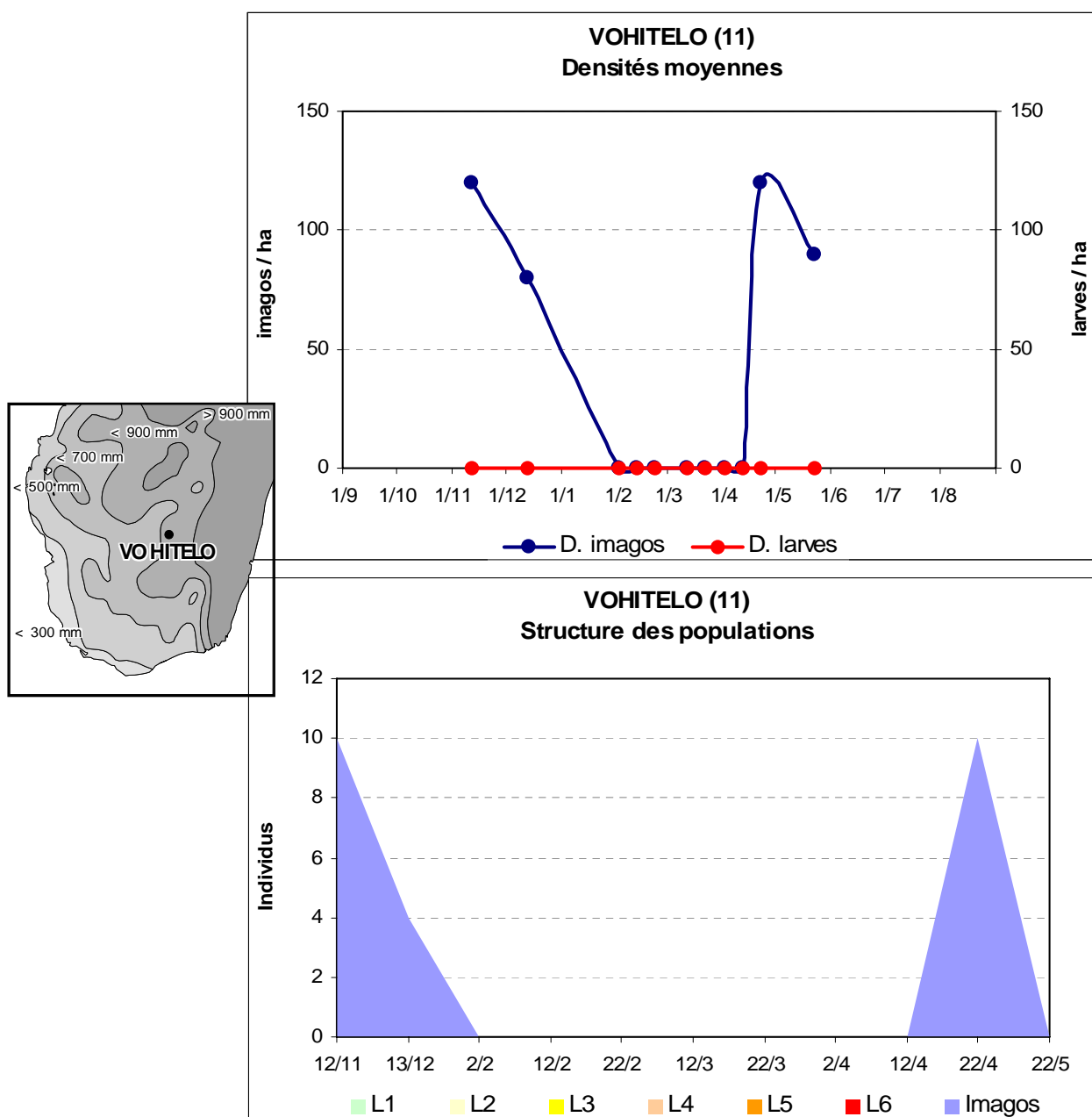
TL = 40/600 = 0,07

TR = 40/350 = 0,11

Mangona (Ihosi) 2004-2005



Vohitelo (Betroka) 2004-2005



Observations :

La densité imaginale décroît en début de saison des pluies et n'augmente de nouveau qu'en début de saison sèche, fin avril, avec l'arrivée d'une population immigrante. Aucune larve n'est observée. Le cycle est celui d'une station refuge de saison sèche.

Densités maximales :

dI1 = 120/ha le 12/11

dL= 0

dI2 = 120/ha le 22/4

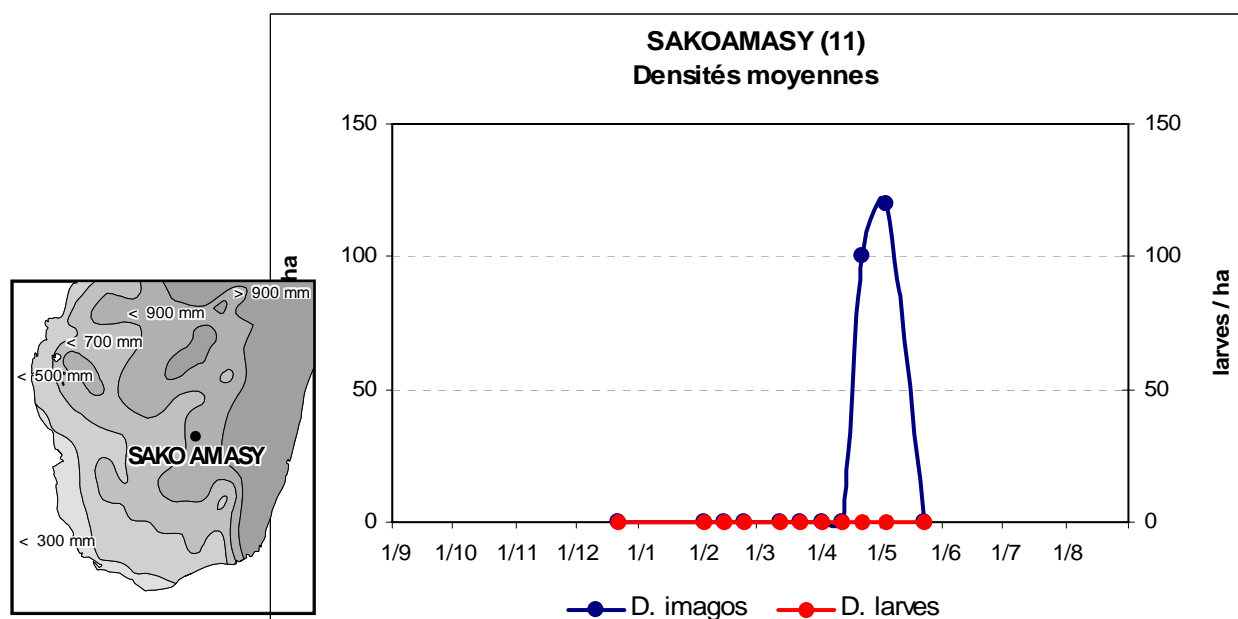
Taux de multiplication :

TE = 0

TL = 0

TR = 0

Sakoamasy (Betroka) 2004-2005



Observations :

Le criquet nomade est quasi absent sur cette station. Une petite population migrante est observée entre le 22 avril et le 3 mai. Aucune larve.

Densités maximales :

dl1 = 0

dL= 0

dl2 = 120/ha le 3/5

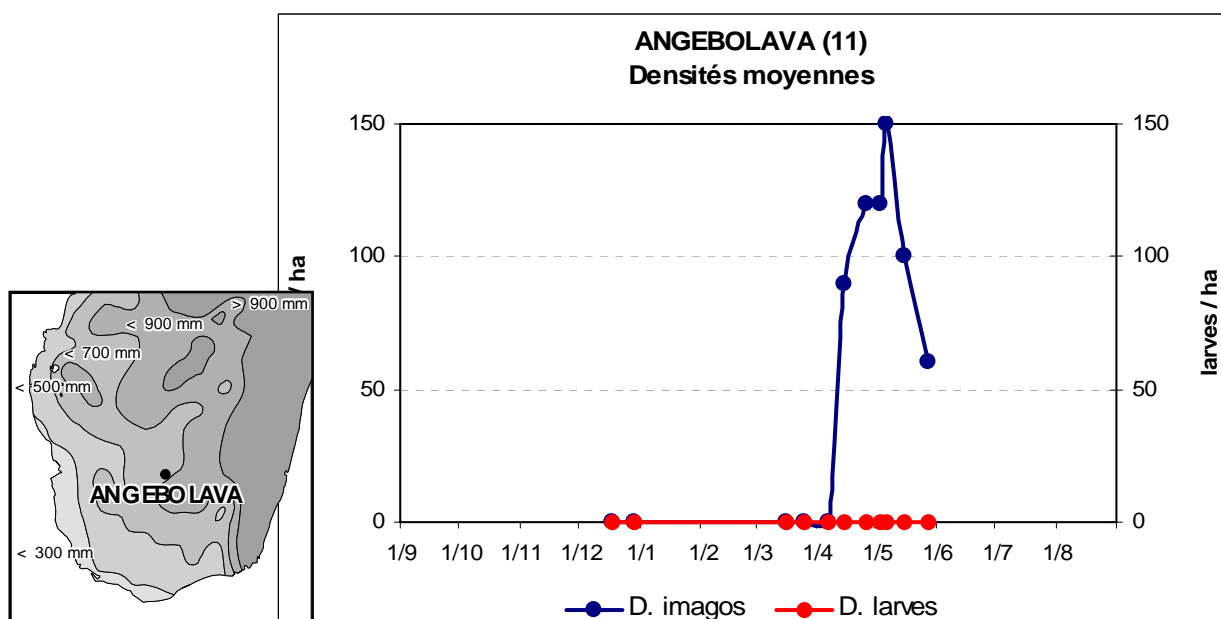
Taux de multiplication :

TE = 0

TL = 0

TR = 0

Angebolava (Betroka) 2004-2005



Observations :

Aucune population imaginale n'est notée en fin 2004 (peut-être du fait de l'absence de prospection avant le 18 décembre, les imagos de la génération parentale ayant déjà dû quitter la station à cette date). Aucune larve en saison des pluies. Les imagos ne réapparaissent qu'avec l'arrivée d'une population allochtone à partir de la mi-avril. Le cycle est très certainement celui d'une zone refuge de saison sèche.

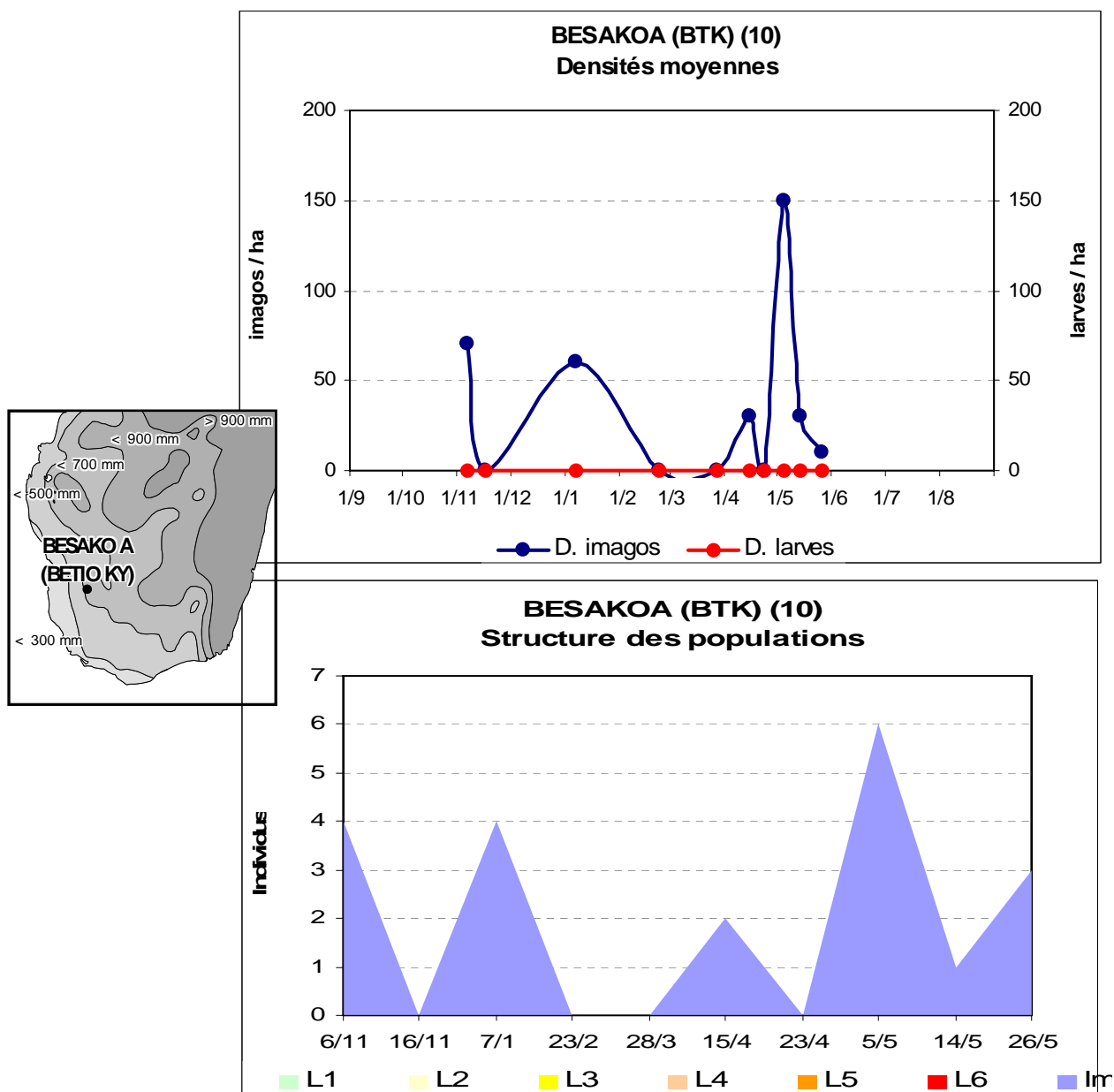
Densités maximales :

dI1 = 0
dL = 0
dI2 = 150/ha le 6/5

Taux de multiplication :

TE = 0
TL = 0
TR = 0

Besakoa (Betioky) 2004-2005



Observations :

Les quelques observations (10) effectuées permettent de mettre en évidence les imagos de la génération parentale entre novembre et début janvier et ceux de la génération fille à partir de la mi-avril. Aucune larve n'a été observée. La population imaginale semble disparaître en début de saison sèche et n'est plus que de 10/ha le 26 mai..

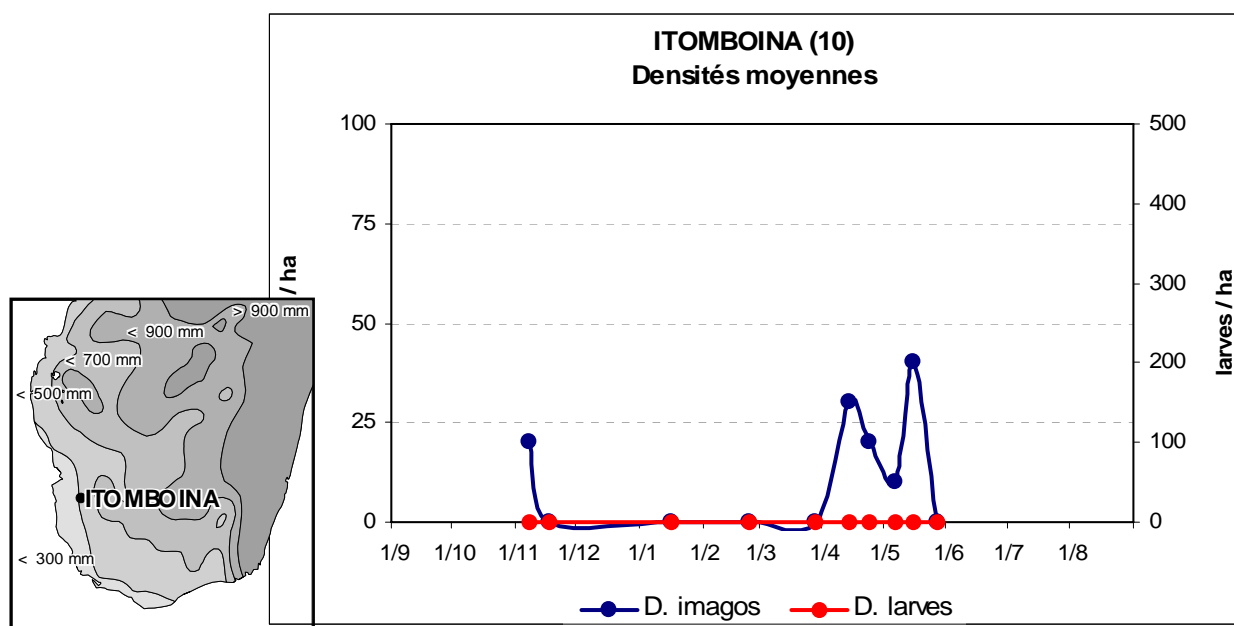
Densités maximales :

dl1 = 70/ha le 6/11
dL = 0
dl2 = 150/ha le 5/5

Taux de multiplication :

TE = 0
TL = 0
TR = 0

Itomboina (Betioky) 2004-2005



Observations :

Le criquet nomade est très rare sur cette station. Quelques individus ailés sont observés début novembre. L'espèce disparaît complètement en saison des pluies. Des imagos sont de nouveau notés à partir de la mi-avril, puis l'espèce disparaît de nouveau fin mai.

Densités maximales :

dI1 = 20/ha le 7/11

dL = 0

dI2 = 40/ha le 15/5

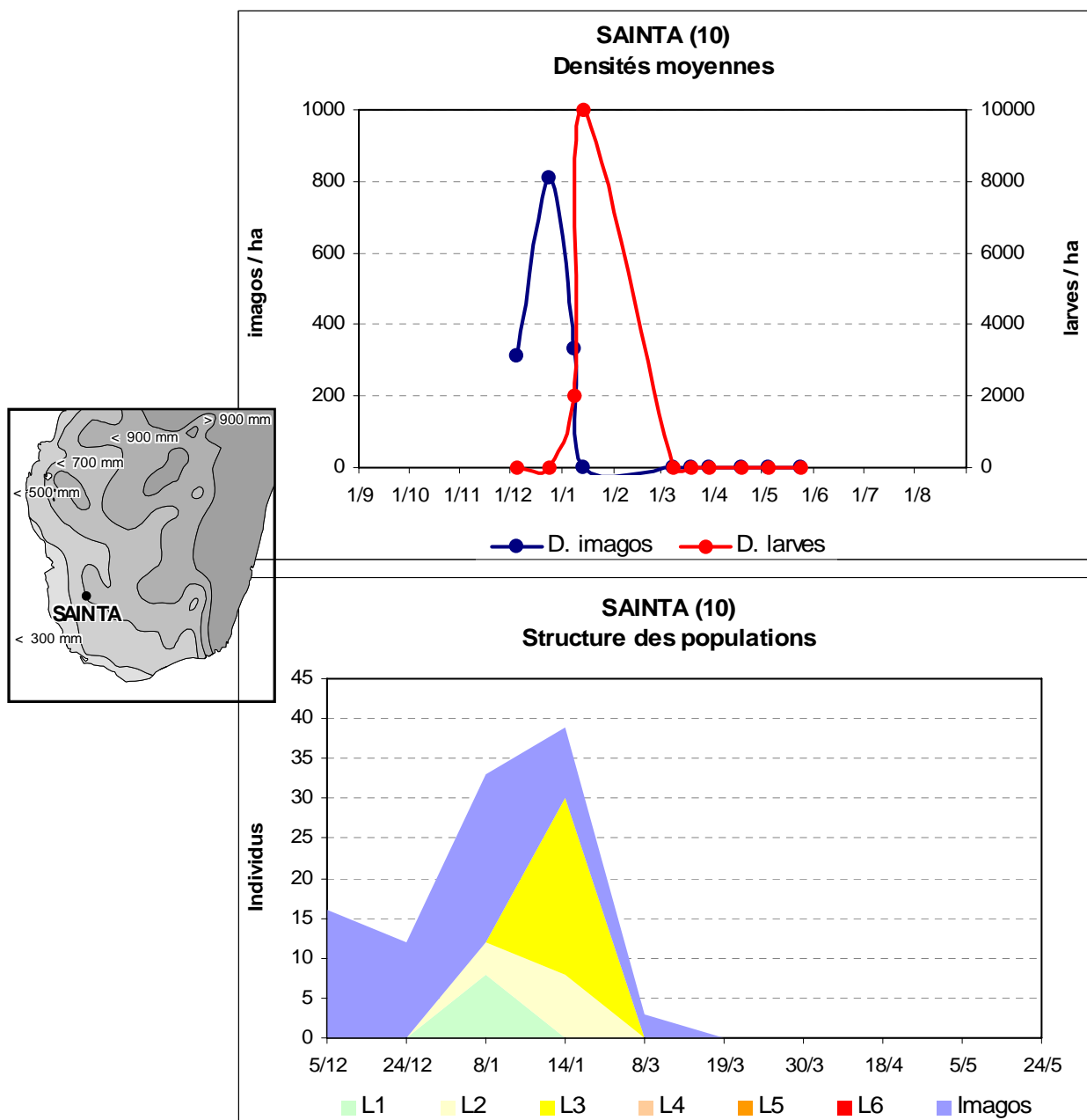
Taux de multiplication :

TE = 0

TL = 0

TR = 0

Sainta (Beahitse) 2004-2005



Observations :

La densité d'imagos augmente en début de saison des pluies. Elle atteint 810/ha en décembre puis chute et s'annule en janvier. Les larves sont notées les 8 (8 L1, 4 L2) et 14 janvier (8 L2, 22 L3) en densité assez forte (10000/ha). Par la suite les larves disparaissent et aucun imago n'est noté en fin de saison des pluies.

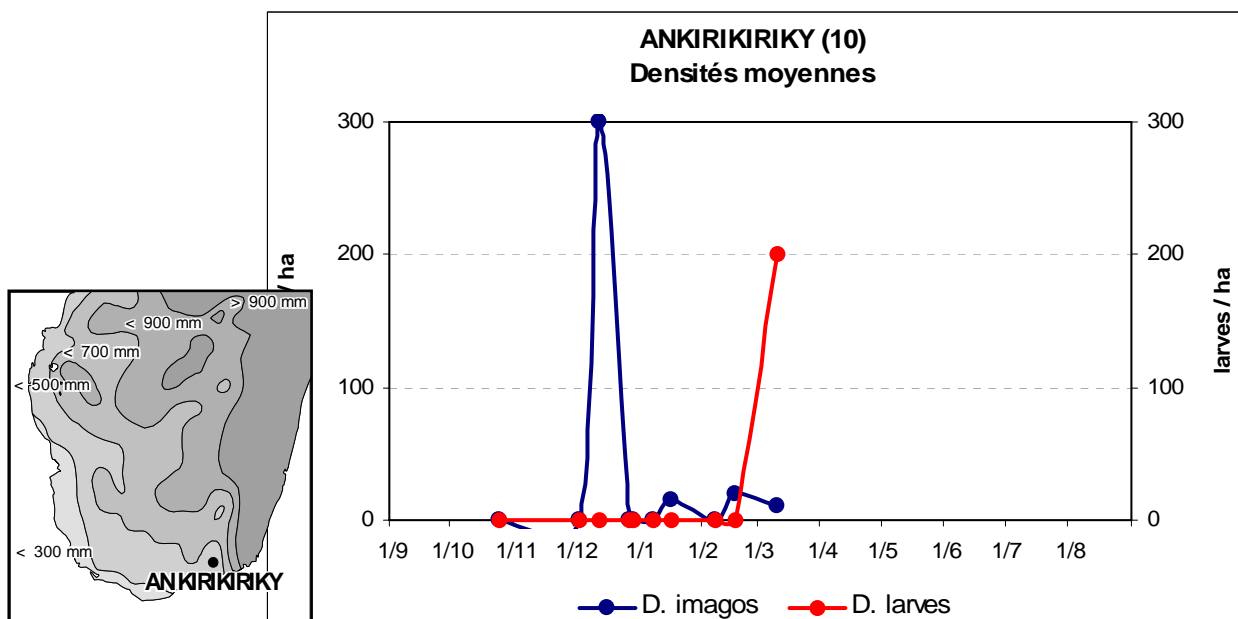
Densités maximales :

dI1 = 810/ha le 24/12
dL= 10000/ha le 14/1
dI2 = 0

Taux de multiplication :

TE = 10000/810 = 12,35
TL = 0
TR = 0

Ankirikiriky (Amboasary) 2004-2005



Observations :

L'espèce est rare sur cette station : quelques imagos épisodiquement, la plus forte densité (300/ha) étant observée en début de saison des pluies. Quelques larves sont également notées le 10 mars

Densités maximales :

dI1 = 300/ha le 13/12

dL = 200/ha le 10/3

dI2 = 0 (aucune population autochtone)

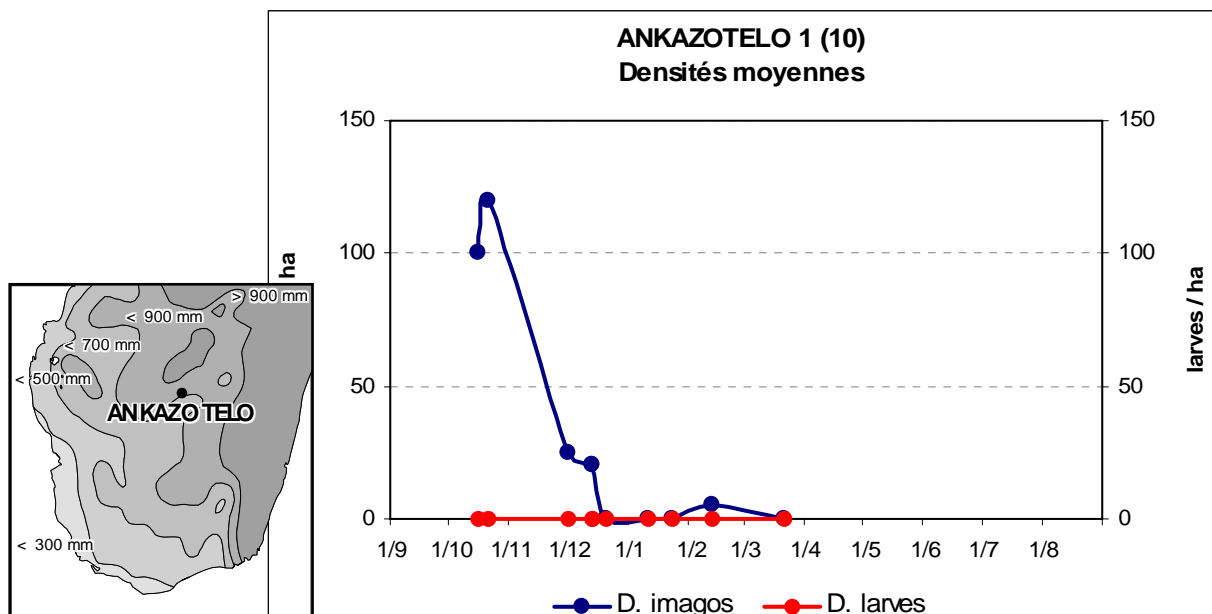
Taux de multiplication :

TE = $200/300 = 0,67$

TL = 0

TR = 0

Ankazotelo 1 (Ranohira) 2004-2005



Observations :

La densité imaginale décroît fortement entre octobre et la fin décembre. Par la suite aucune larve n'est observée. A la date du 21 mars (dernière prospection effectuée) la densité imaginale est nulle. Il s'agit très certainement d'une station refuge de saison sèche. Il est probable que quelques immigrants peuvent être notés à partir du mois de mai.

Densités maximales :

dI1 = 120/ha le 21/10

dL = 0

dI2 = 0

Taux de multiplication :

TE = 0

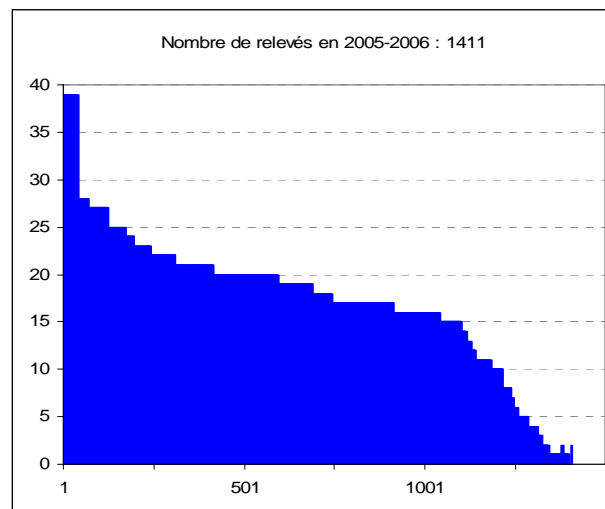
TL = 0

TR = 0

La saison 2005-2006



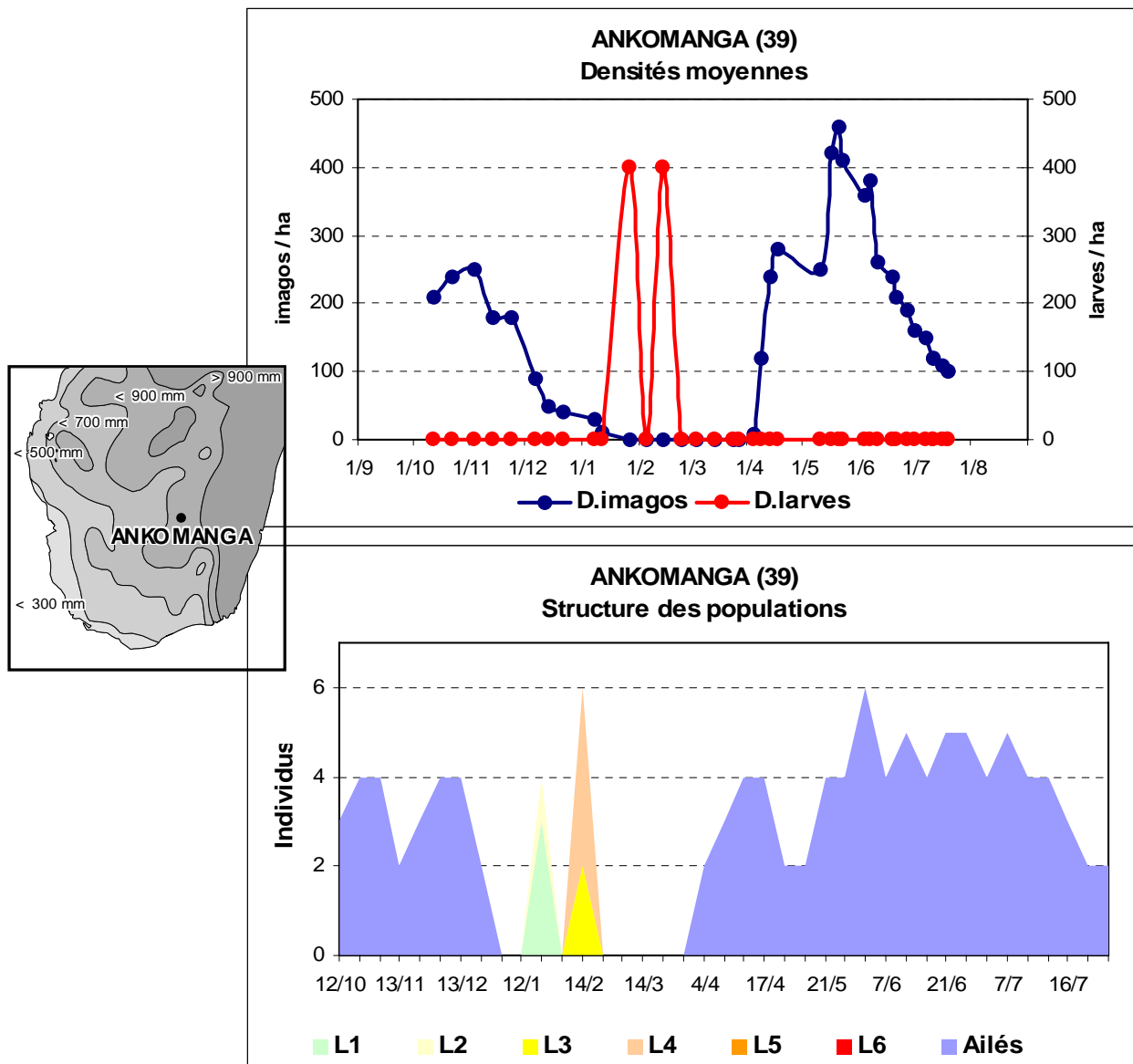
Carte des stations prospectées au cours de la saison 2005-2006.



Nombre de relevés par station en 2005-2006.

En abscisse les prospections, en ordonnées le nombre total de prospections.

Ankomanga (Betroka) 2005-2006



Observations :

Quelques larves L1 à L3 sont observées entre le 27/1 et le 14/2. Aucune larve âgée n'est ensuite capturée lors des prospections suivantes. On note une apparition d'imagos ne pouvant être qu'allochtones à partir d'avril et une persistance des imagos tout au long de la saison sèche.

Densités maximales :

dI1 = 250/ha le 3/11

dL= 400/ha

dI2 = 280/ha le 17/4 (mais population allochtone)

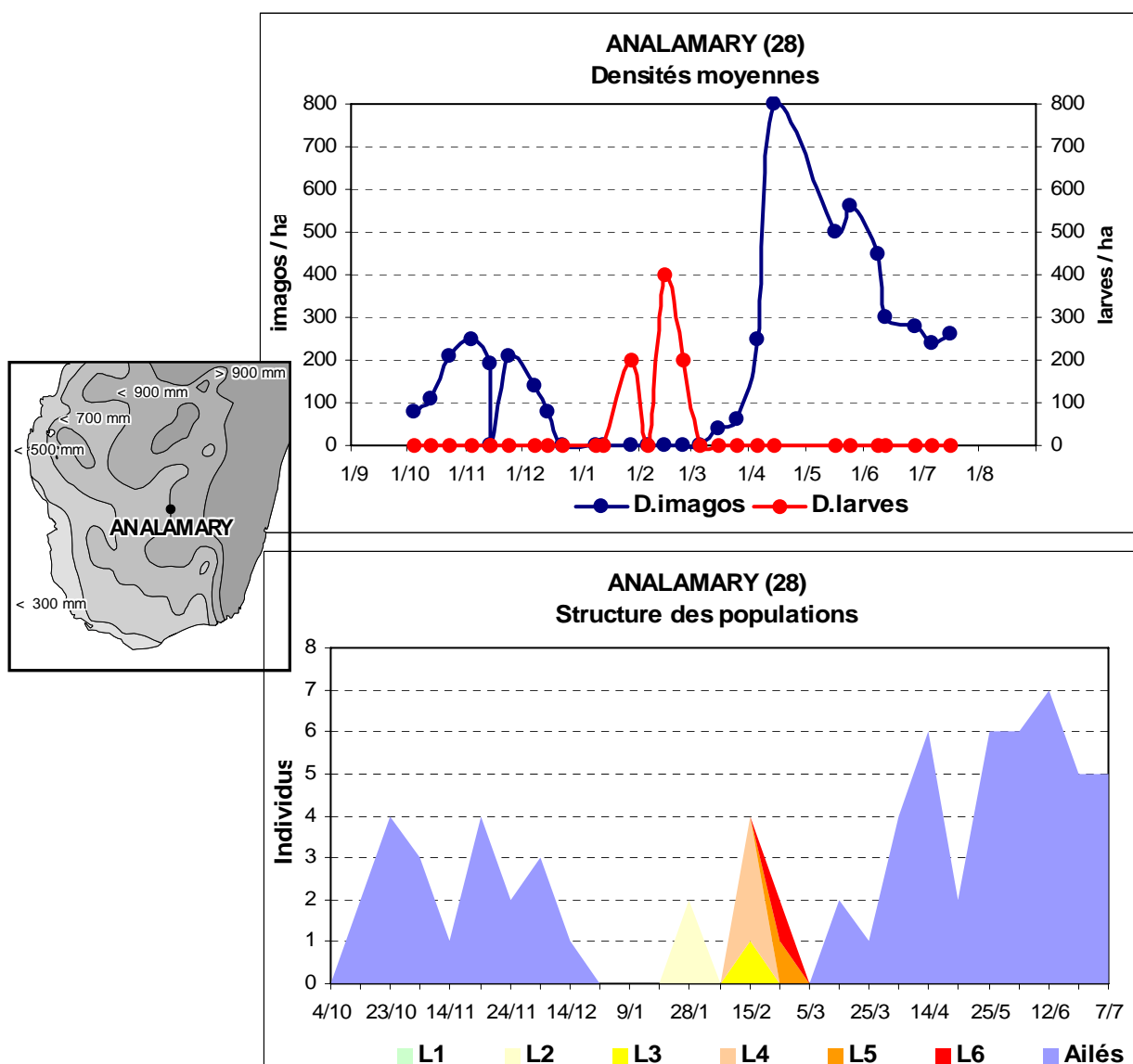
Taux de multiplication :

TE = $400/250 = 1,8$

TL = certainement 0 puisque pas de larves âgées (les imagos à partir d'avril doivent être des immigrants)

TR = 0 (aucune larve âgée)

Analamary (Betroka) 2005-2006



Observations :

Quelques larves en faible densité (maximum 400/ha le 15/2) sont observées. Deux L2 sont collectées le 28/1, 1 L3 et 2 L4 le 15/2, 1 L5 et 1 L6 le 25/2. La densité imaginale augmente légèrement fin mars (60/ha le 25/3) ce qui correspond peut-être aux émergences d'une petite population autochtone. La densité imaginale augmente surtout en avril (800/ha le 14/4) sous l'effet de l'arrivée d'une population dont l'origine ne peut être qu'allochtone (absence de larves sur la station depuis 2 mois). On notera la persistance des imagos en saison sèche.

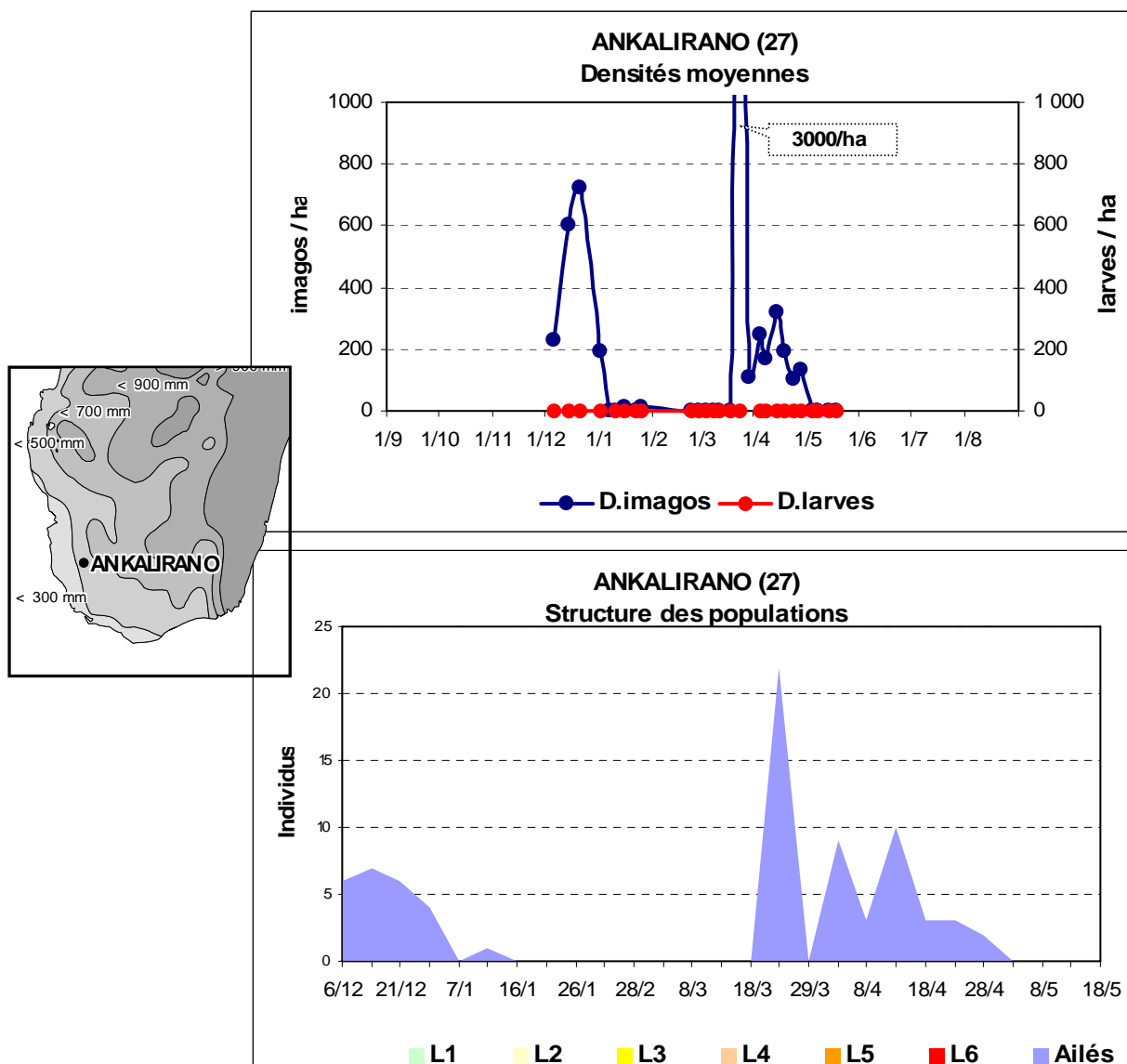
Densités maximales :

dI1 = 250/ha le 4/11
dL = 400 / ha le 15/2
dI2 = 60 / ha le 25/3 (autochtone) et 800/ha le 14/4 (allochtone)

Taux de multiplication :

TE = $400/250 = 1,8$
TL = $60/400 = 0,15$
TR = $60/250 = 0,24$ (population autochtone)

Ankalirano (Beahitse) 2005-2006



Observations :

Aucune larve n'a été observée. En l'absence de larves, la population imaginale observée en mars est allochtone et doit provenir du voisinage immédiat où d'importantes populations de criquet nomade ont été observées et ont nécessité des traitements insecticides au mois d'avril.

Densités maximales :

dl1 = 720/ha le 21/12
dL = 0
dl2 = 3000/ha le 24/3

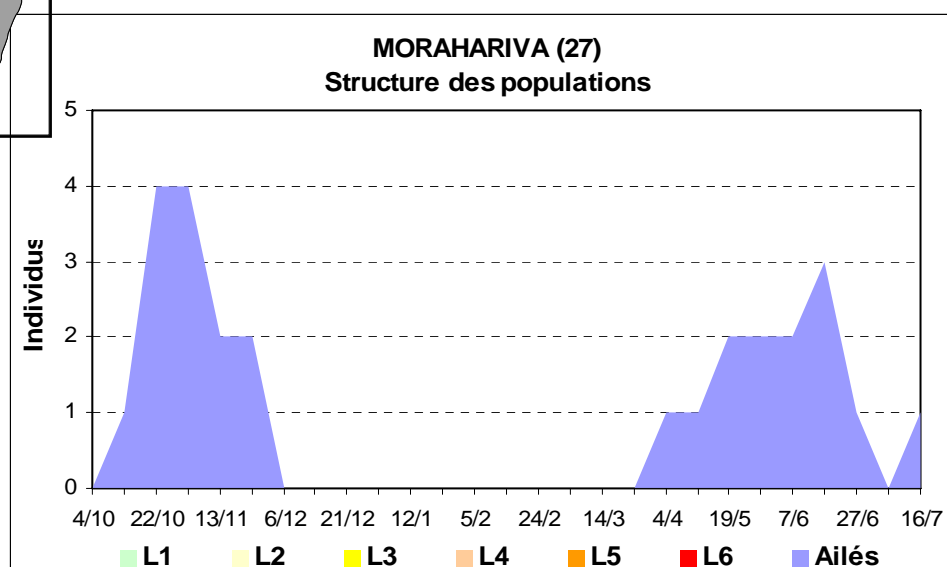
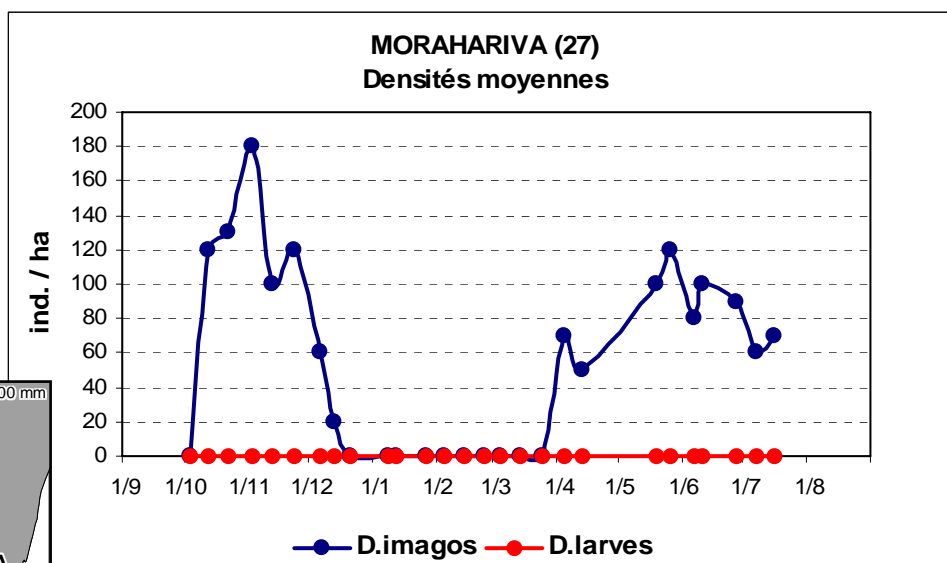
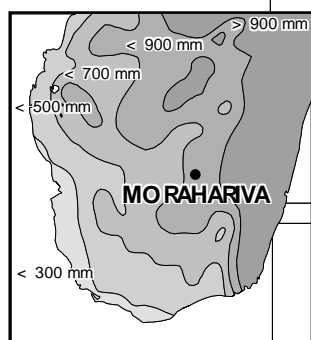
Taux de multiplication :

TE = 0/720 = 0
TL = 0 (pas d'imagos autochtones ; les individus observés à 3000/ha en fin mars sont des immigrants en provenance de stations voisines où la reproduction a été abondante)
TR = 0/720 = 0 (pas d'imagos autochtones) (I2 / I1 = 4,17)

Remarque :

A noter que l'absence totale de larves est surprenante pour une station connue comme station de reproduction du criquet nomade et que, par ailleurs, de nombreuses larves ont été notées dans toute la région au cours de cette saison des pluies (Satrapala...). Ce taux de multiplication nul demeure donc suspect. On considérera cette donnée comme très douteuse.

Morahariva (Betroka) 2005-2006



Observations :

Aucune larve n'est observée. Les vieux imagos émigrent sans doute en début de saison. La station est recolonisée par de jeunes imagos en début de saison sèche, à partir d'avril.

Densités maximales :

DI1 = 180/ha le 3/11

DL = 0

DI2 = 120/ha le 26/5

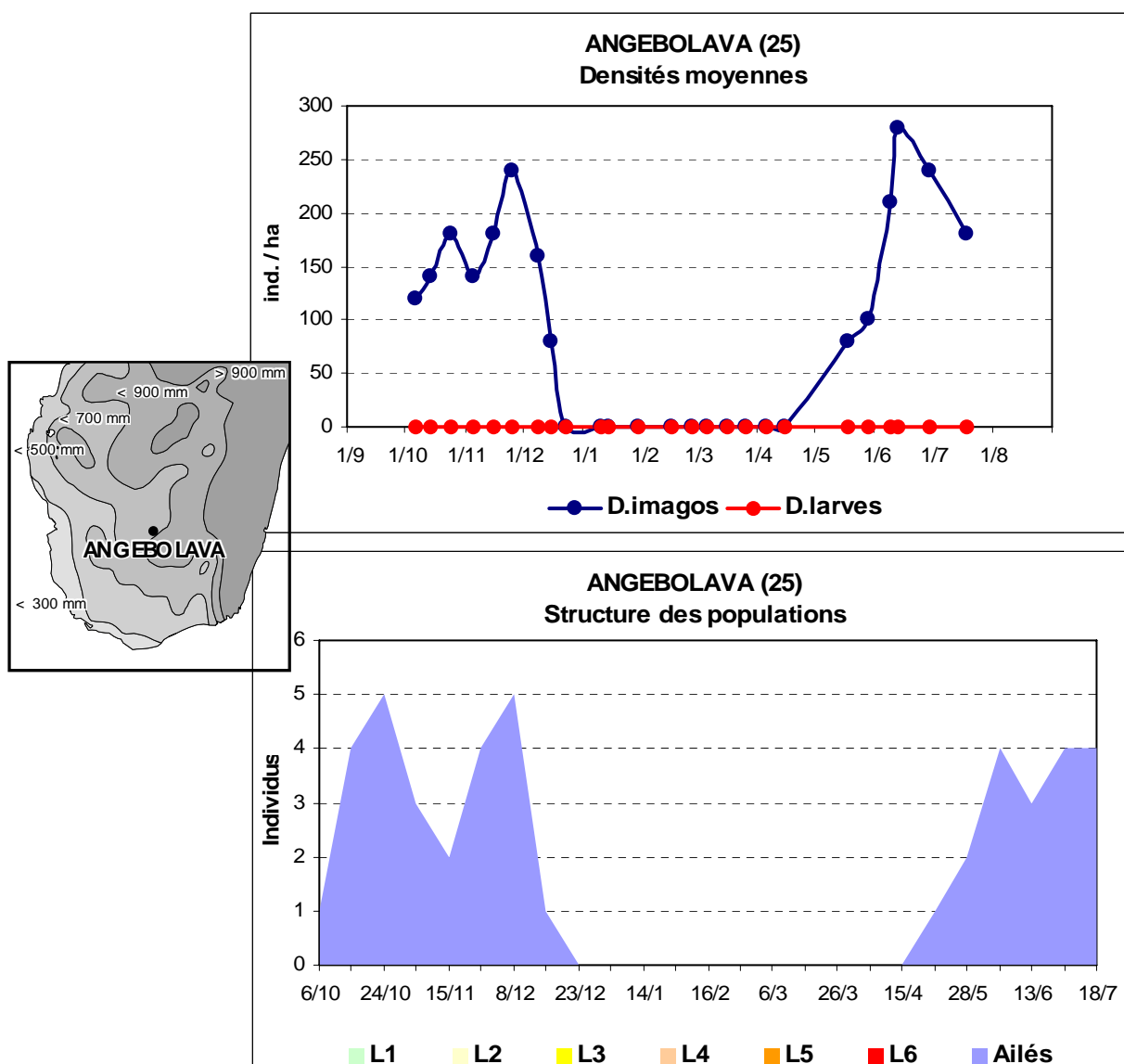
Taux de multiplication :

TE = 0/180 = 0

TL = 120/0 = 0

TR = 0 (pas d'imagos autochtones) ($I_2 / I_1 = 0,67$)

Angebolava (Betroka) 2005-2006



Observations :

Aucune larve n'est observée. Les vieux imagos émigrent sans doute en début de saison des pluies, en décembre. La station est recolonisée par de jeunes imagos en début de saison sèche, à partir de mai.

Densités maximales :

DI1 = 240/ha le 25/11

DL = 0

DI2 = 280/ha le 13/6

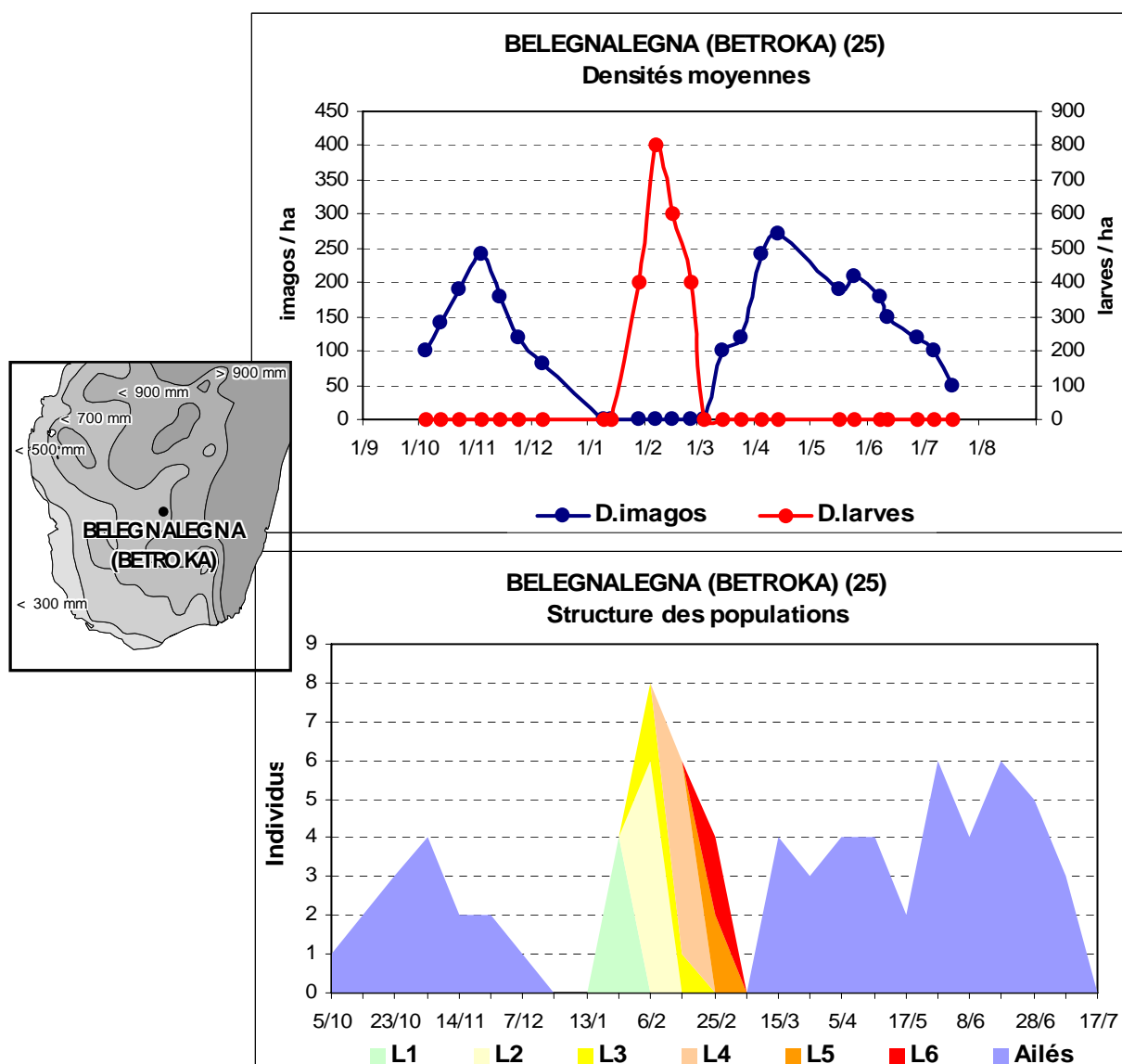
Taux de multiplication :

TE = $0/240 = 0$

TL = $280/0 = 0$

TR = 0 (pas d'imagos autochtones) ($I_2 / I_1 = 1,17$)

Belegnalegna (Betroka) 2005-2006



Observations :

Le développement larvaire est bien marqué avec une succession des stades de L1 à L6 nette malgré le faible nombre de larves collectées par échantillon et la densité larvaire faible (entre 400 et 800/ha). La première augmentation de densité imaginale en mars (120/ha le 25/3) est sans doute d'origine autochtone. La seconde survenant en avril (270/ha le 14/4) est très certainement d'origine allochtone.

Densités maximales :

DI1 = 240/ha le 4/11

DL = 800/ha le 6/2

DI2 = 120/ha le 25/3 (population autochtone),
270/ha le 14/4 (population allochtone)

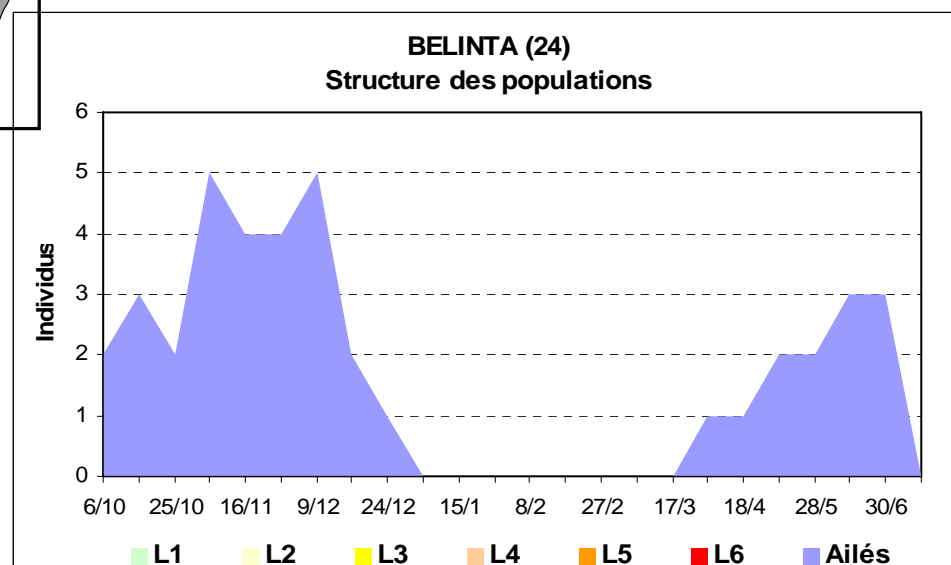
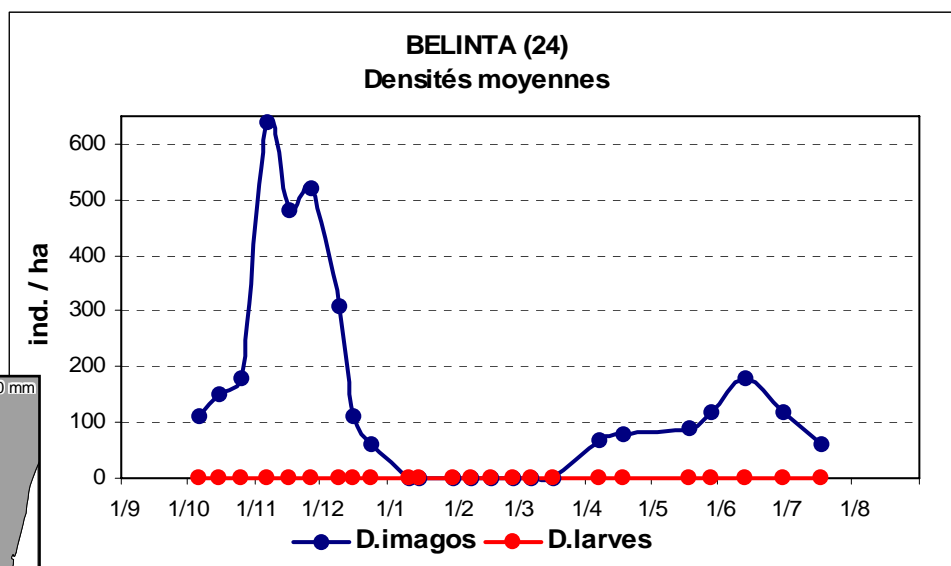
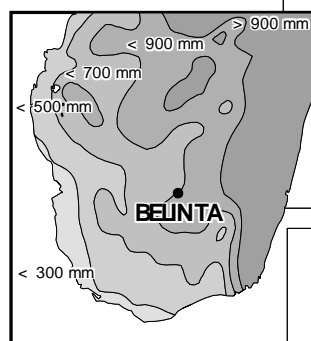
Taux de multiplication :

TE = $800/240 = 3,33$

TL = $120/800 = 0,15$

TR = $120/240 = 0,5$

Belinta (Betroka) 2005-2006



Observations :

Aucune trace de développement larvaire. Disparition des imagos en début de saison des pluies, au début du mois de décembre. Réapparition des imagos (par immigration) à partir du début du mois d'avril.

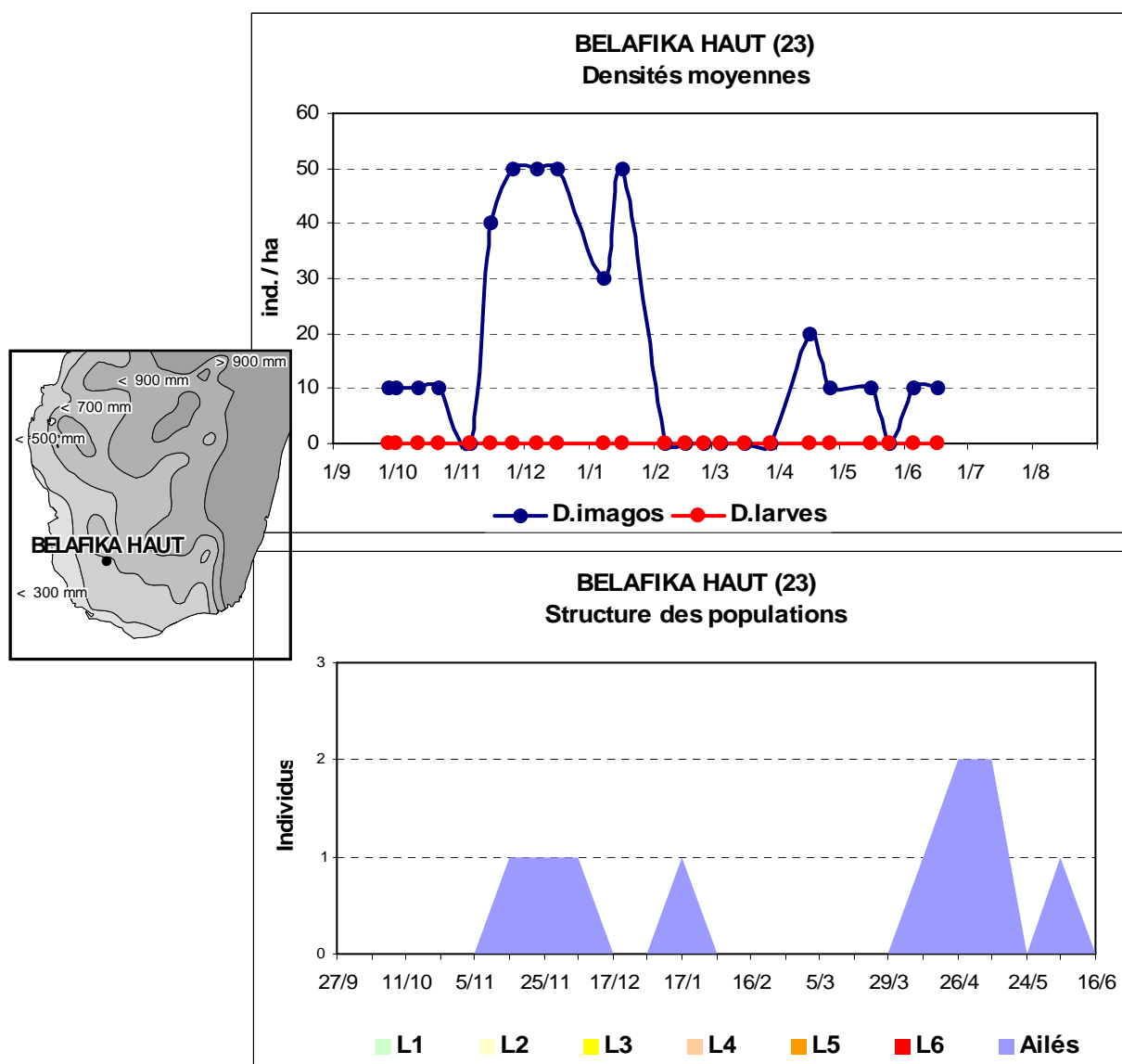
Densités maximales :

DI1 = 640/ha le 6/11
DL = 0
DI2 = 180/ha le 13/6

Taux de multiplication :

TE = $0/640 = 0$
TL = $180/0 = 0$
TR = 0 (pas d'imagos autochtones) ($I_2 / I_1 = 0,28$)

Belafika Haut (Edjeda) 2005-2006



Observations :

Aucune trace de développement larvaire tout au long de la saison et des densités imaginales très faibles.

Densités maximales :

D11 = 50/ha les 25/11 ; 7 et 17/12 et 17/1

DL = 0

D12 = 20/ha le 16/4

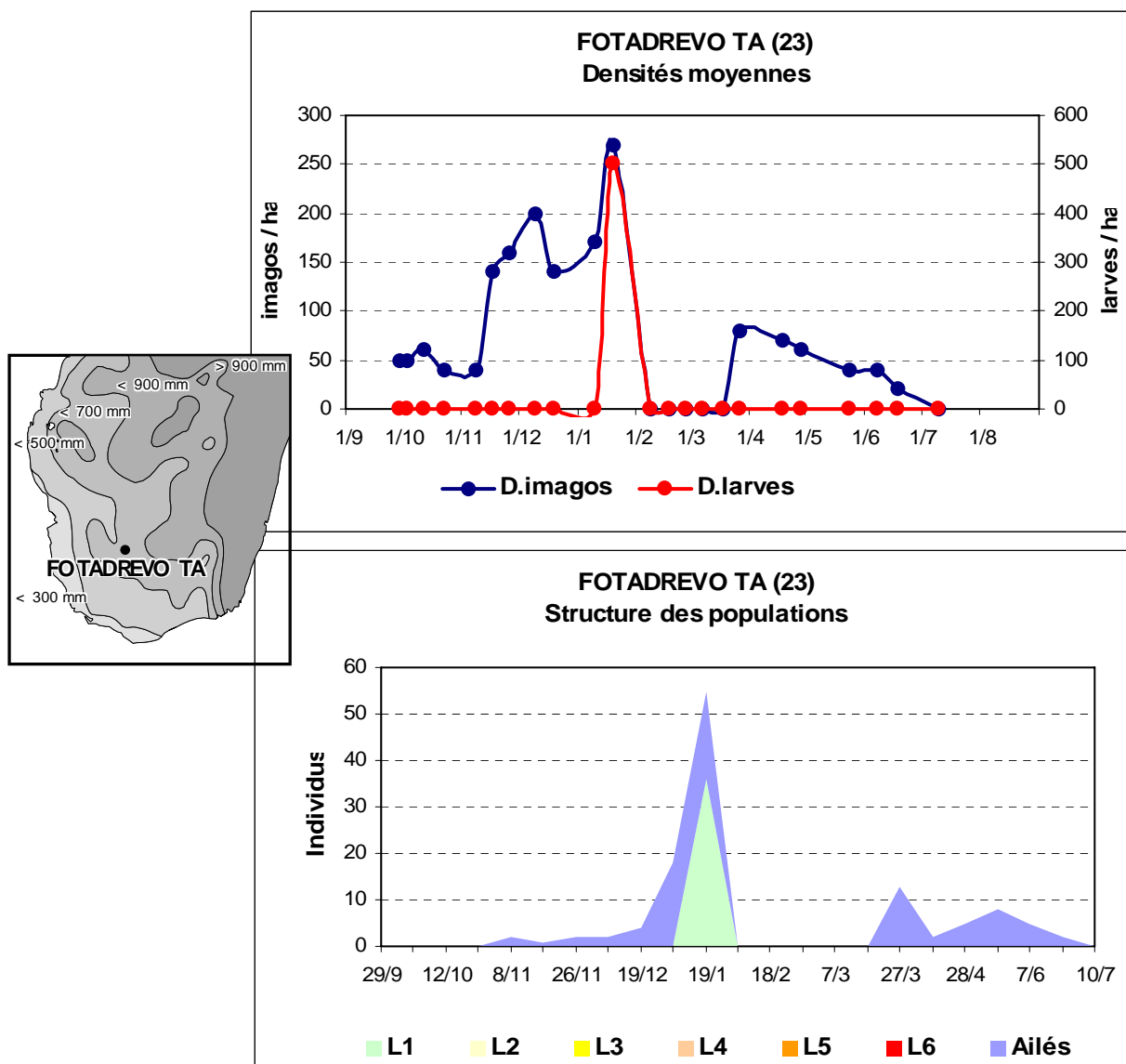
Taux de multiplication :

TE = 0/50 = 0

TL = 0

TR = 0 (pas d'imagos autochtones) (I2 / I1 = 0,40)

Fotadrevo TA (Edjeda) 2005-2006



Observations :

Aucun développement larvaire net. On note simplement un pic de stade larvaires L1 le 19/1/2006 avec une densité de 500 larves / ha et 36 L1 collectées. Aucune larve n'est pas la suite capturée. La population imaginale apparaissant fin mars est très certainement d'origine allochtone.

Densités maximales :

DI1 = 200/ha le 9/12 (il n'a pas été tenu compte de la densité de 250 l / ha le 19/1 puisqu'il ne peut s'agir de la population ayant donné naissance aux larves L1 observées à la même date).

DL = 500/ha le 19/1

DI2 = 0/ha (autochtone) 80/ha le 27/3 (population alochtone)

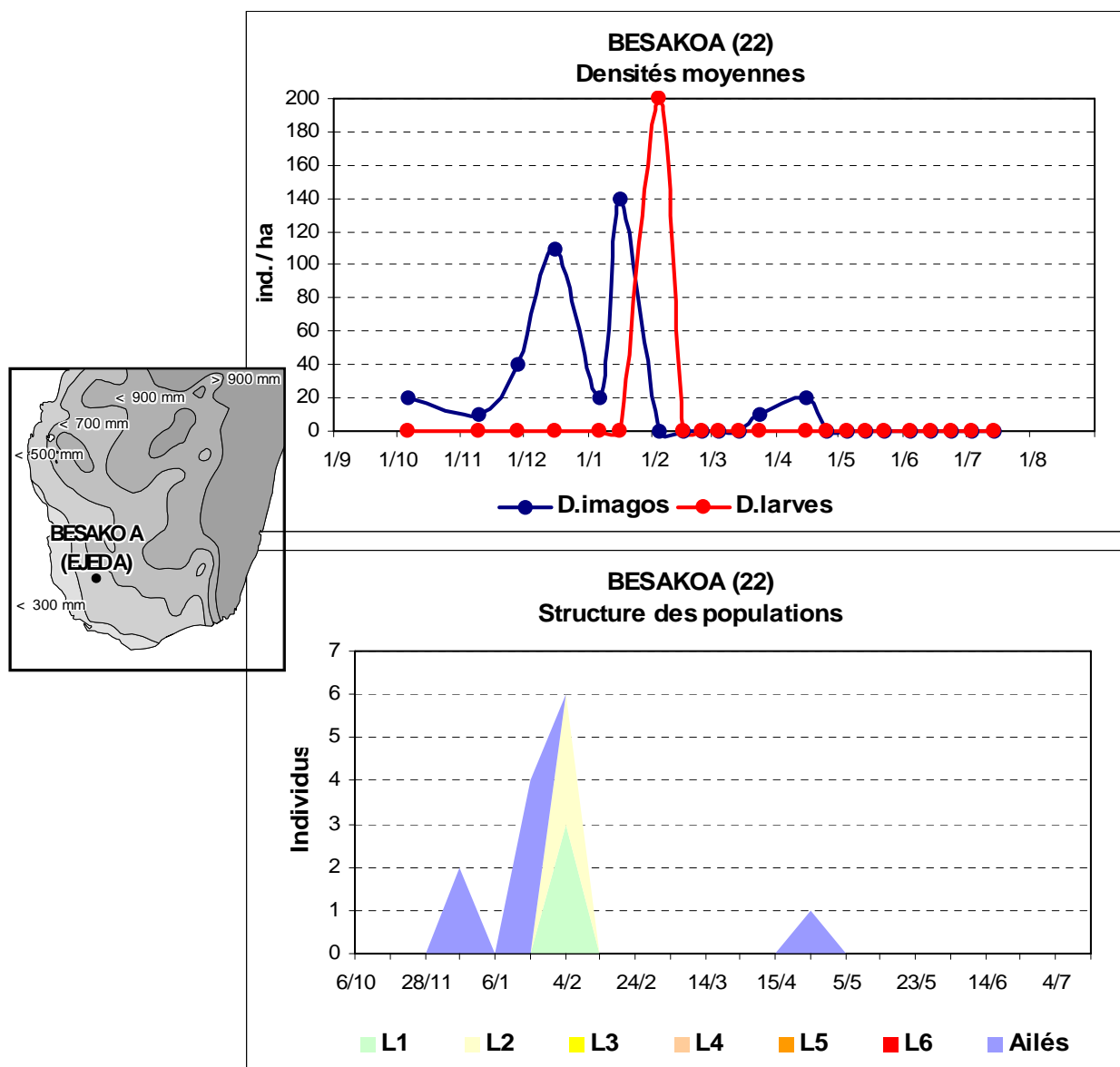
Taux de multiplication :

TE = $500/200 = 2,5$

TL = $0/500 = 0$

TR = $0/200 = 0$ (la population imaginale de fin mars est allochtone)

Besakoa (Edjeda) 2005-2006



Observations :

La densité d'imagos est quasi nulle en fin de saison sèche. Une population allochtone est observée le 16 décembre 2005 (110 imagos par hectare) et une autre le 16 janvier 2006 (140 / ha). Seul le début du développement larvaire (L1 et L2) est observé. En fait, les larves ne sont notées que lors d'une seule prospection, le 4 février 2006 : une densité de 200 larves / ha et un échantillon de 6 larves (3 L1 et 3 L2). Compte tenu d'un temps de développement embryonnaire de 3 à 4 semaines, on peut estimer que cette population larvaire est issue de la population imaginaire du 16 janvier et que la descendance de la population du 16 décembre a avorté pour diverses raisons (la sécheresse au cours du développement embryonnaire étant l'hypothèse la plus vraisemblable). La disparition des larves par la suite en février s'explique également, sans doute, par des conditions météorologiques adverses. Les imagos apparaissant fin mars/début avril en très faible densité ne peuvent être que des immigrants.

Densités maximales :

DI1 = 140/ha le 16/1

DL = 200/ha le 4/2

DI2 = 20/ha le 15/4 (population allochtone)

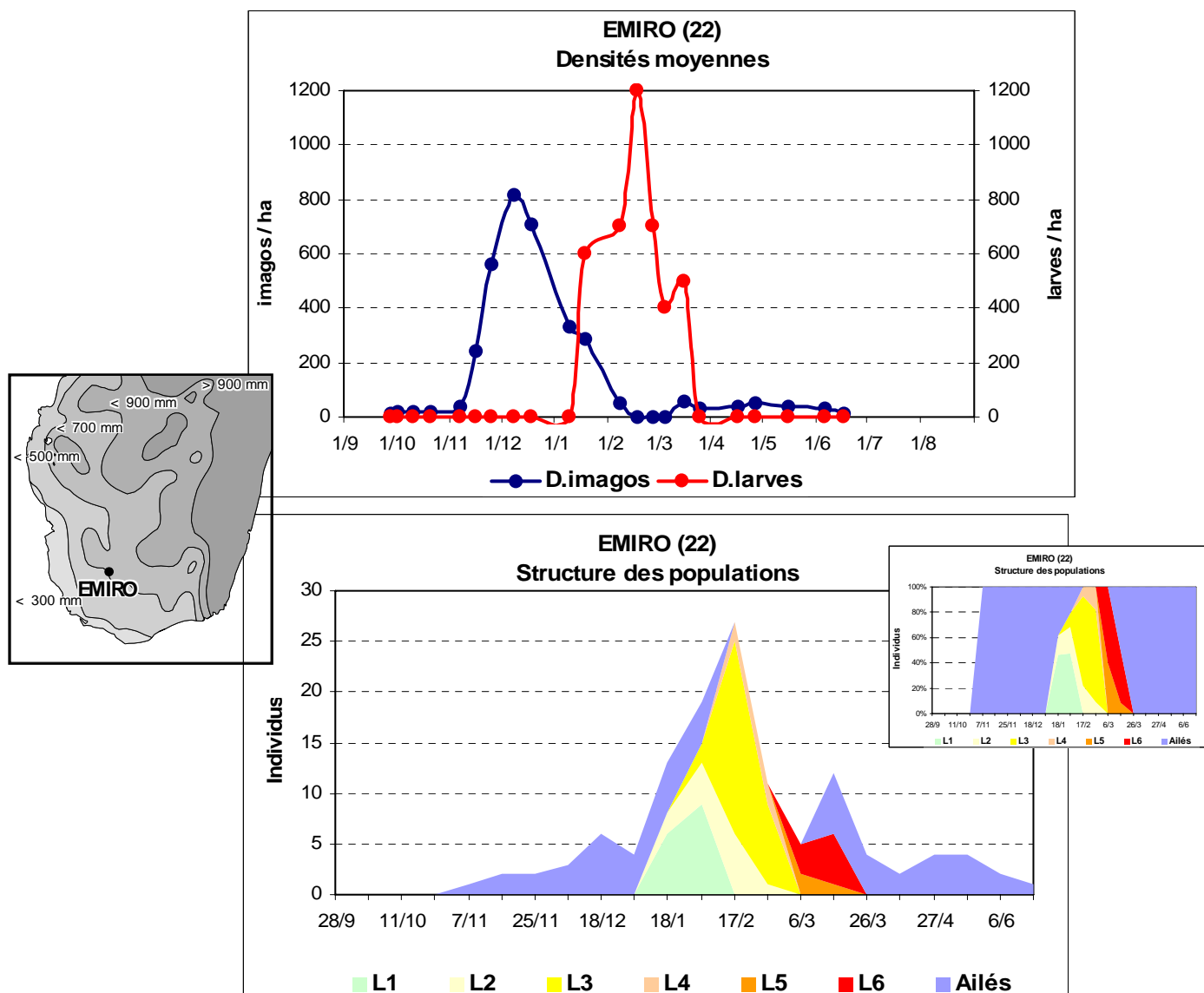
Taux de multiplication :

TE = 200/140 = 1,43

TL = 20/200 = 0,1

TR = 0 (population allochtone)

Emiro (Edjeda) 2005-2006



Observations :

On note l'absence d'imagos pendant toute la saison sèche. Une population assez importante d'immigrants arrive en novembre 2005 ; elle doit pondre sur place et disparaît dans le courant du mois de janvier 2006. Les larves de la génération fille sont observées à partir du 18 janvier. Le développement larvaire est bien marqué. Par contre la population imaginaire résultante (après environ 2 mois de développement) est très peu dense : 60/ha seulement le 17 mars. Cette population disparaît progressivement jusqu'à la mi-juin. La station est complètement désertée par les imagos en saison sèche.

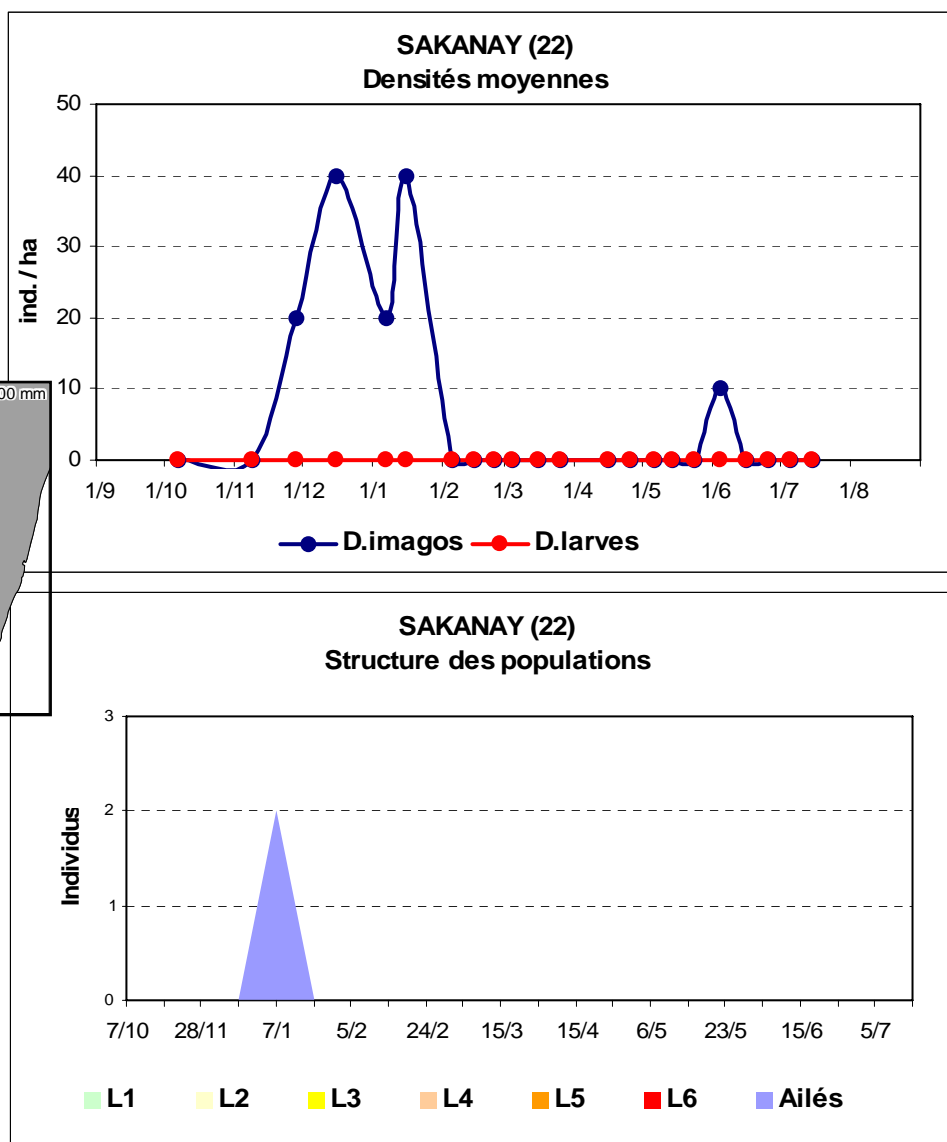
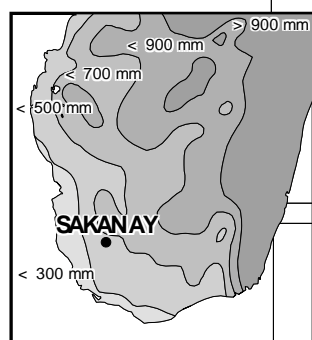
Densités maximales :

DI1 = 820/ha le 8/12
DL = 1200/ha le 17/2
DI2 = 60/ha le 17/3

Taux de multiplication :

TE = $1200/820 = 1,46$
TL = $60/1200 = 0,05$
TR = $60/820 = 0,07$

Sakanay (Edjeda) 2005-2006



Observations :

Les densités sont très faibles – un maximum de 40/ha le 16/12 et un autre le 16/1 - et la population a de ce fait été faiblement échantillonnée (2 imagos seulement pour l'ensemble de la saison). Les densités sont nulles au cours de la saison sèche 2005. Une population imaginale immigrante s'installe fin novembre/début décembre puis disparaît en janvier. Aucune larve n'est observée en saison des pluies. La génération fille de 2006 n'est représentée que par quelques très rares imagos (10/ha) observés le 4 juin. Aucun imago n'est observé en saison sèche 2006.

Densités maximales :

DI1 = 40/ha les 16/12 et 16/1

DL = 0

DI2 = 10/ha le 4/6 (population allochtone)

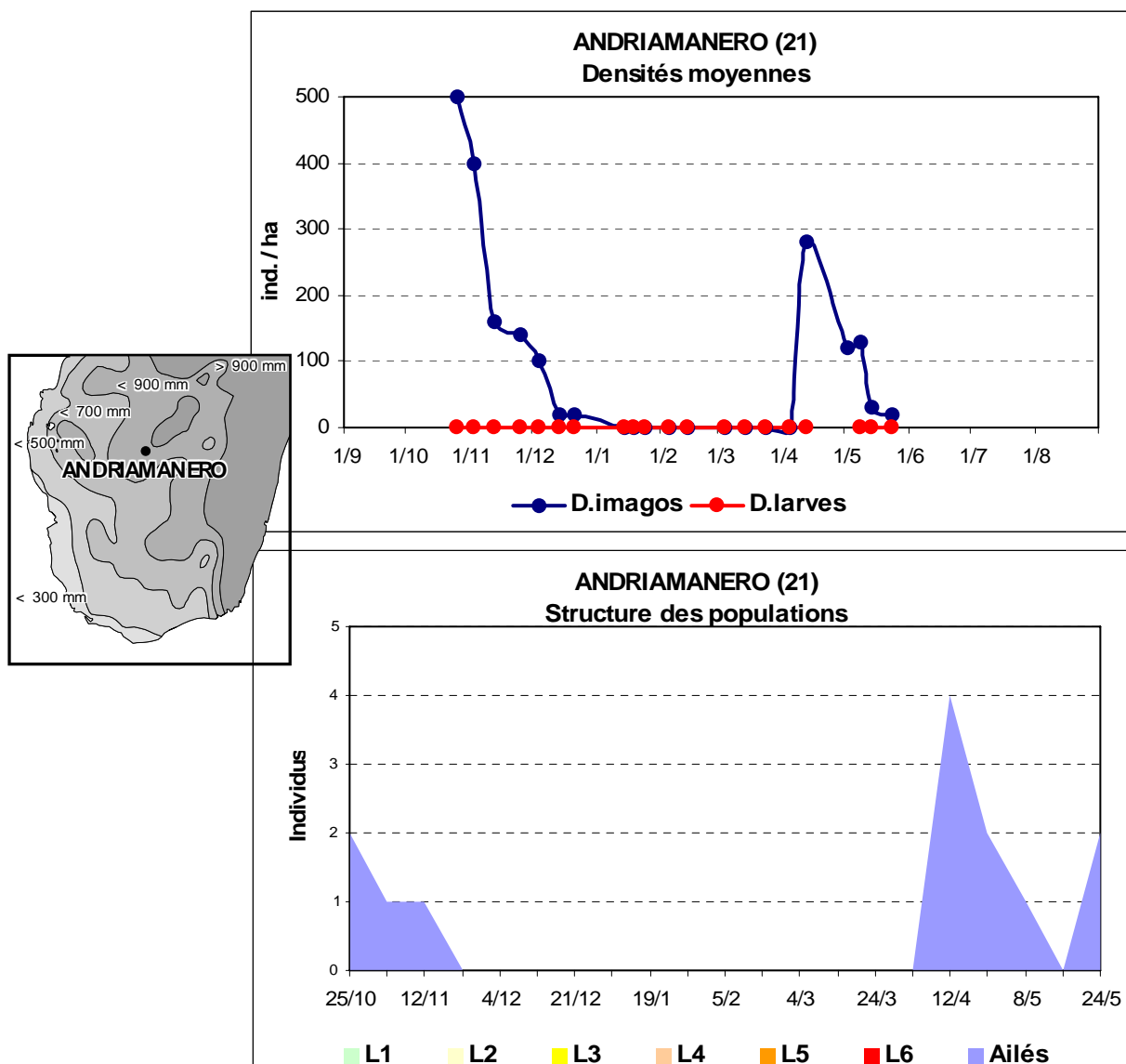
Taux de multiplication :

TE = 0

TL = 0

TR = 0 (population 2006 allochtone)

Andriamanero (Ranohira) 2005-2006



Observations :

Les densités sont importantes début novembre, mais décroissent rapidement dès la mi-novembre pour devenir quasi nulle dès le 14 décembre (20/ha). Aucune larve n'est observée sur cette station en saison des pluies. Des imagos apparaissent en fin de saison des pluies (280/ha le 12 avril). Il s'agit obligatoirement d'immigrants. Ils disparaissent vers la mi mai (20/ha seulement le 24 mai).

Densités maximales :

DI1 = 500/ha le 25/10

DL = 0

DI2 = 280/ha le 12/4

Taux de multiplication :

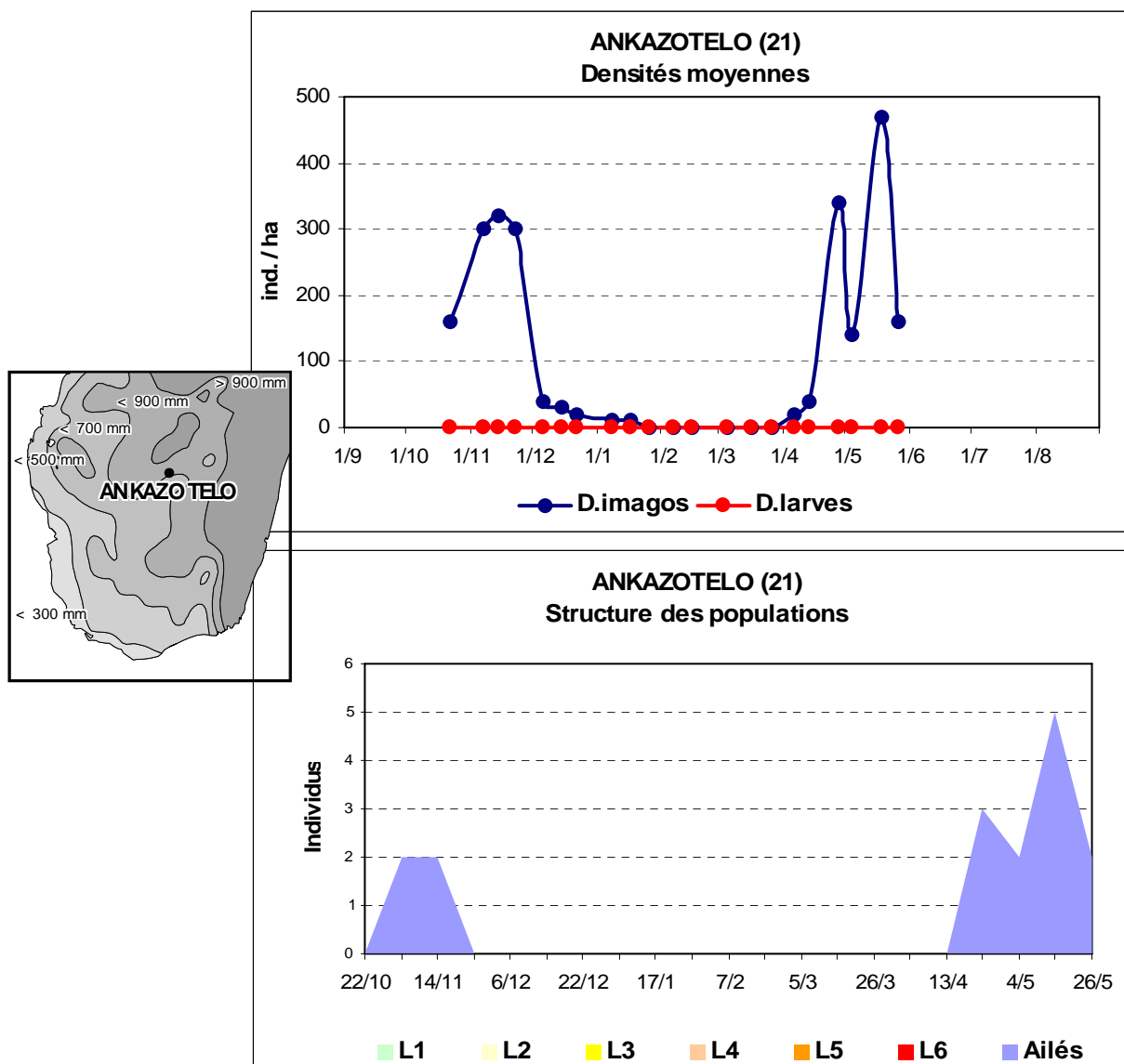
TE = 0

TL = 0

TR = 0 (pas d'imagos autochtones)

(I2 / I1 = 280/500 = 0,56)

Ankazotelo (Ranohira) 2005-2006



Observations :

Un pic d'imagos est observé en novembre. Ces imagos disparaissent en décembre sans laisser de descendance sur place. Aucune larve n'est observée. Des imagos apparaissent de nouveau en début de saison sèche, fin avril. Les densités diminuent fortement début juin.

Densités maximales :

DI1 = 320/ha le 14/11

DL = 0

DI2 = 470/ha le 18/5

Taux de multiplication :

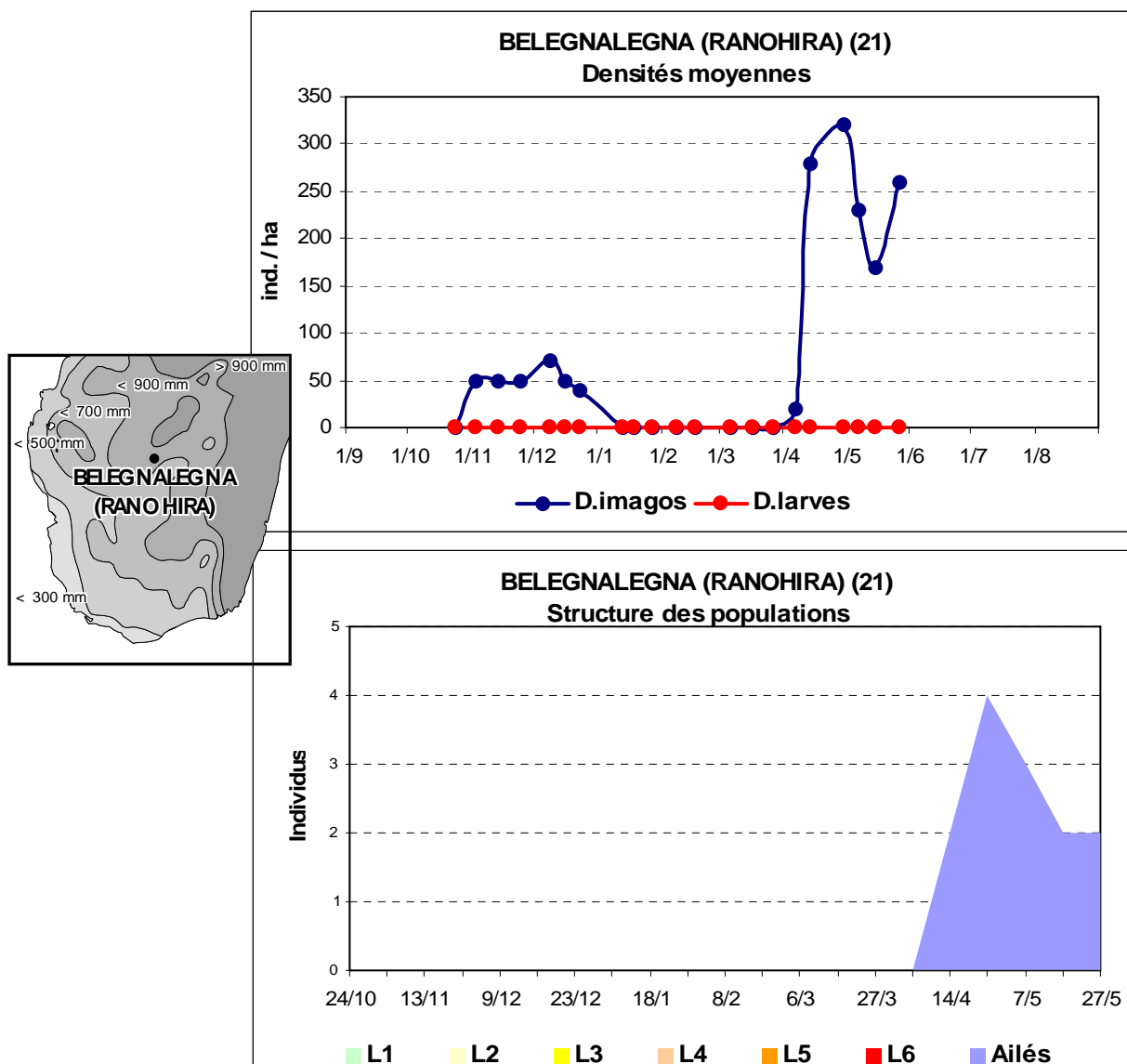
TE = 0

TL = 0

TR = 0 (pas d'imagos autochtones)

(DI2 / DI1 = 470/320 = 1,47)

Belegnalegna (Ranohira) 2005-2006



Observations :

Deux pics d'imagos sont observés, en novembre et en avril, mais aucune trace de développement larvaire.

Densités maximales :

DI1 = 70/ha le 9/12

DL = 0

DI2 = 320/ha le 30/4

Taux de multiplication :

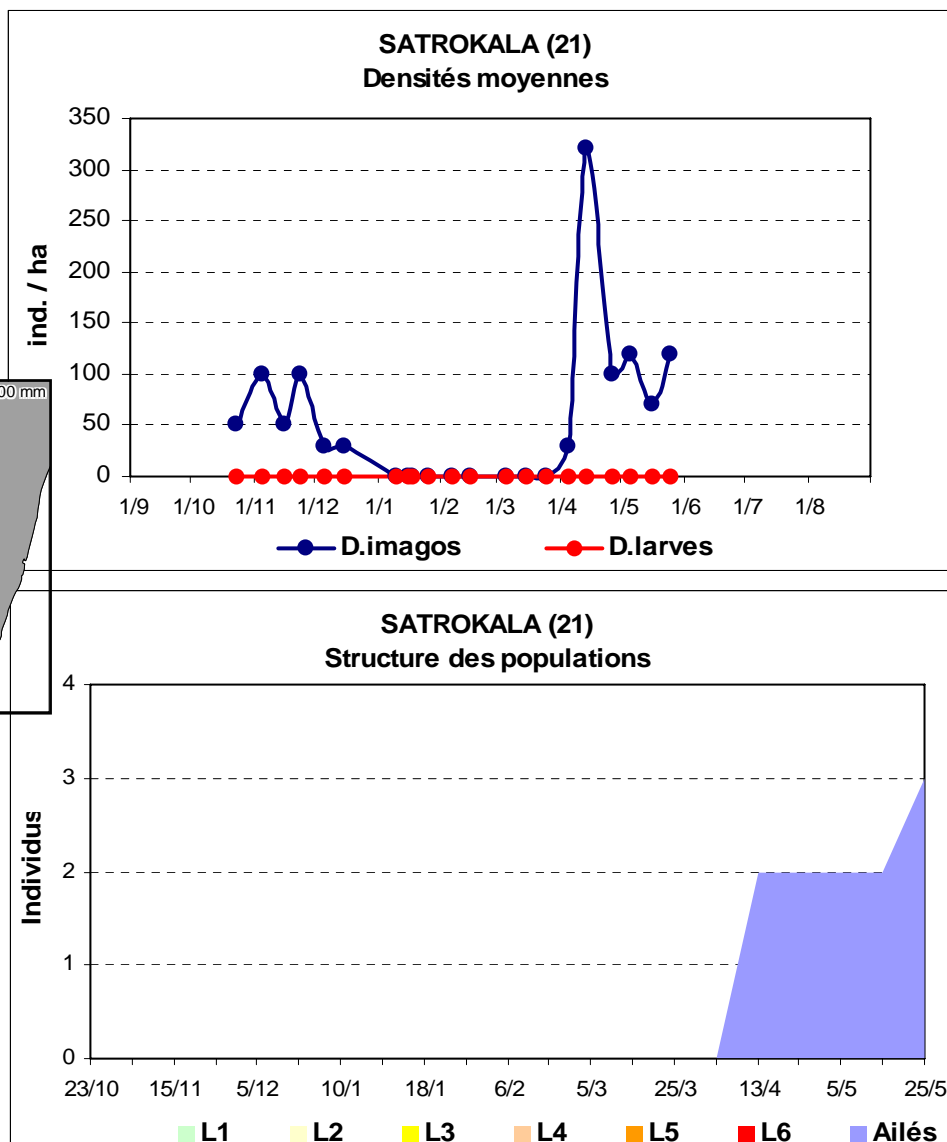
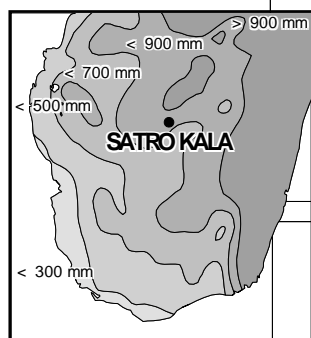
TE = 0

TL = 0

TR = 0 (pas d'imagos autochtones)

(I2 / I1 = 320/70 = 4,57)

Satrokala (Ranohira) 2005-2006



Observations :

Deux pics d'imagos, en novembre et en avril, mais aucune larve. La population allochtone arrivant en avril (320/ha le 13/4) ne fait que passer puisque la densité retombe rapidement aux alentours de 100/ha.

Densités maximales :

DI1 = 100/ha les 5 et 23/11

DL = 0

DI2 = 320/ha le 13/4

Taux de multiplication :

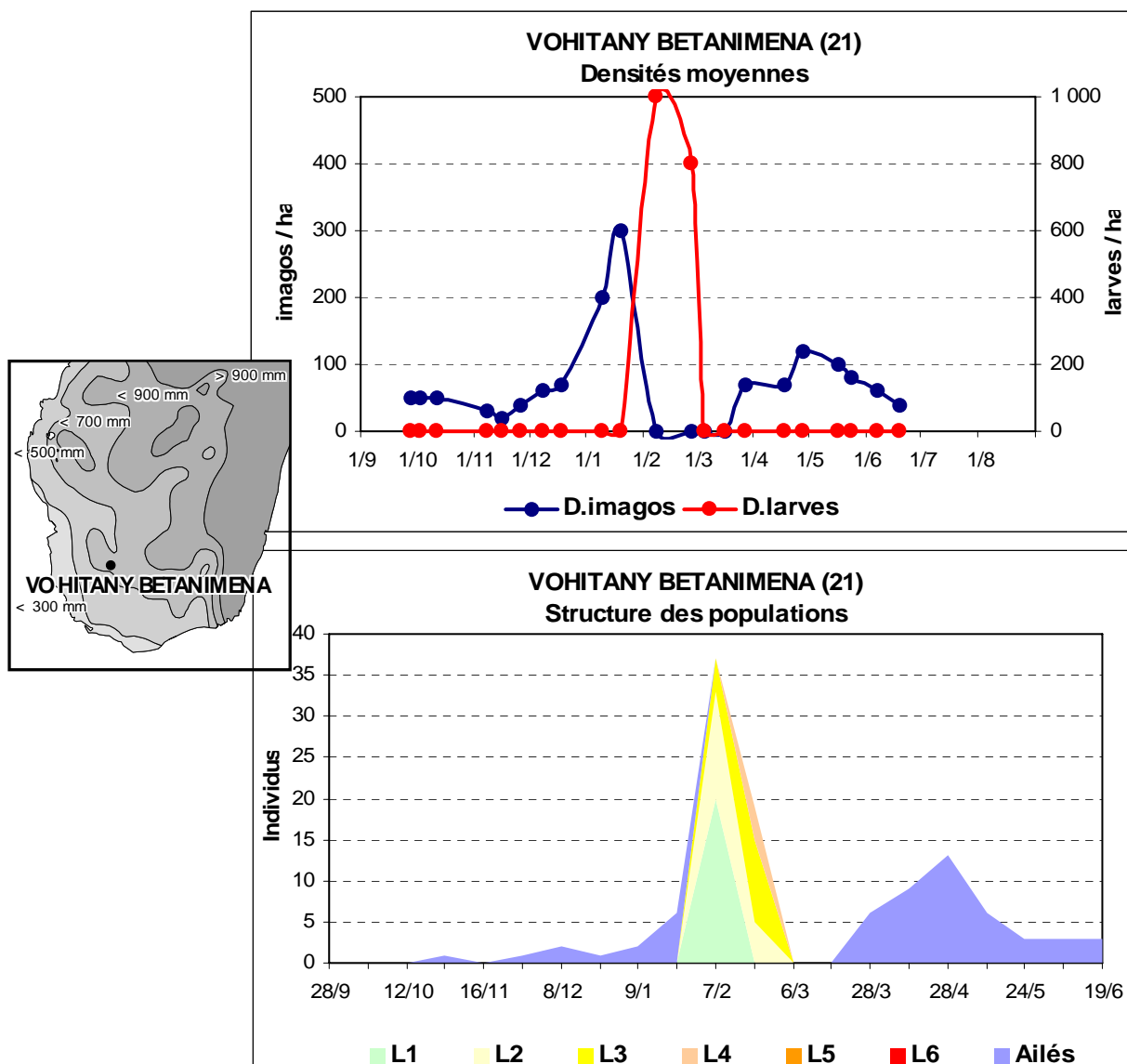
TE = 0

TL = 0

TR = 0 (pas d'imagos autochtones)

($I_2 / I_1 = 320/100 = 3,20$)

Vohitany Betanimena (Edjeda) 2005-2006



Observations :

Un pic d'imagos allochtones est observé en janvier, donc très tardivement (la normale se situant vers fin novembre/début décembre). Il est suivi par un développement larvaire net en février. Cependant, seules les larves L1 à L4 sont observées. Les L5 et L6 n'ont pas été notées et sont peut être passées inaperçues. Il est plus probable que - pour diverses raisons - le développement larvaire ait finalement échoué. Dans cette hypothèse les imagos 2006 apparaissant à partir du 28/3 sont vraisemblablement des immigrants.

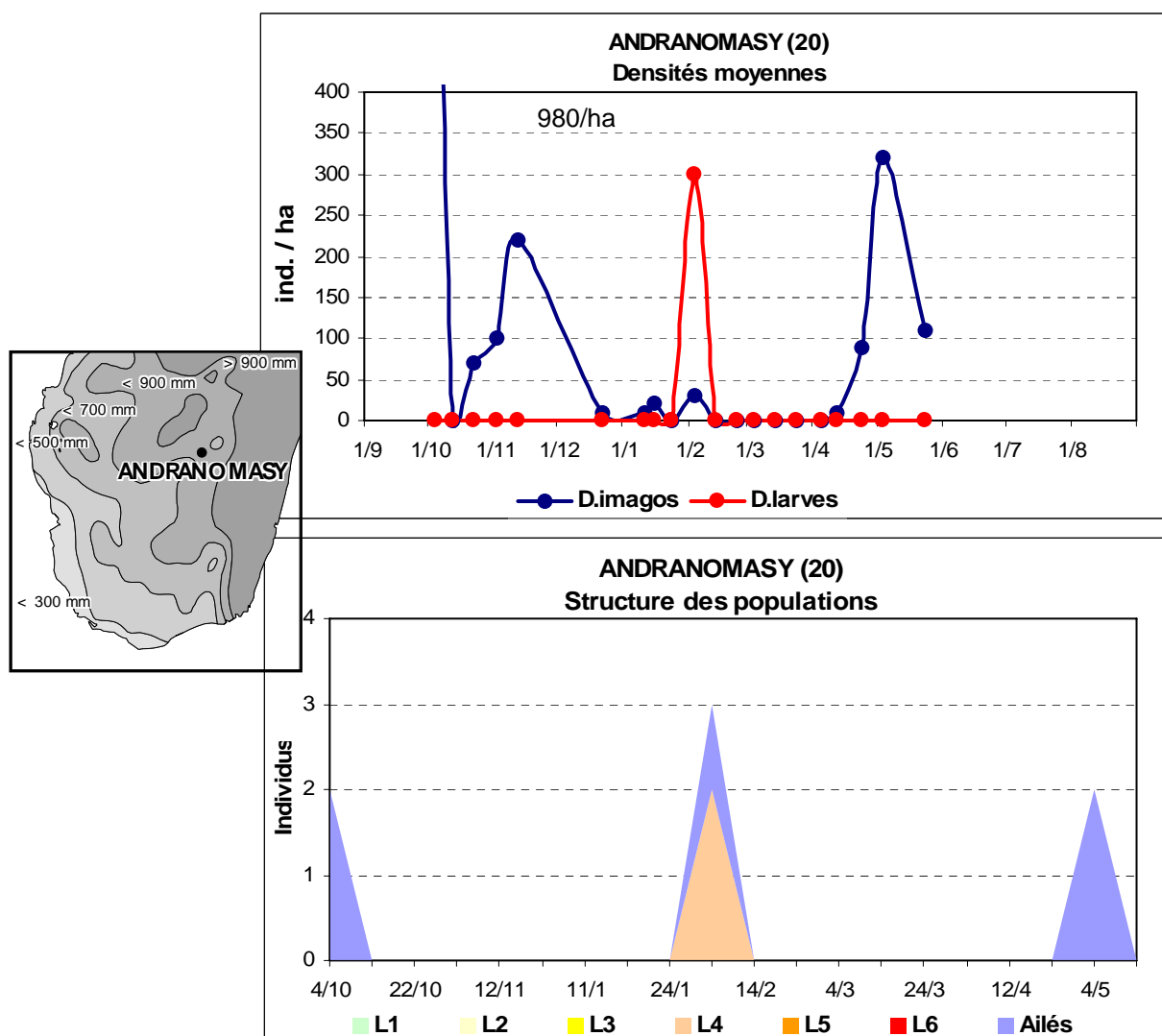
Densités maximales :

DI1 = 300 le 19/1
DL = 1000/ha le 7/2
DI2 = 120/ha le 28/4

Taux de multiplication :

TE = $1000/300 = 3,33$
TL = 0
($120/1000 = 0,12$ si l'on admet que les imagos de mars sont des autochtones, ce qui est peu probable).
TR = 0
(si pas d'imagos autochtones; TR = $120/300 = 0,4$ si l'on considère les imagos de mars comme autochtones)

Andranomasy (Ihosy) 2005-2006



Observations :

Après un fort pic d'imagos en début octobre (980/ha le 4/10) correspondant sans doute au passage d'une population migrante, on note un deuxième pic de densité (220/ha le 12/11) devant correspondre à la population imaginaire qui pond sur place et donne naissance aux larves observées par la suite. Cette population larvaire est mal échantillonnée et seules les L4 sont notées le 4/2 (300/ha). Les L5 et L6 sont soit absents soit en trop faible densité pour être détectées. La population imaginaire observée en début mai est à l'évidence une population migrante allochtone ne transitant que peu de temps puisque dès le 24 mai la densité retombe à 110/ha.

Densités maximales :

DI1 = 220/ha le 12/11

DL = 300/ha le 4/2

DI2 = 320/ha le 4/5

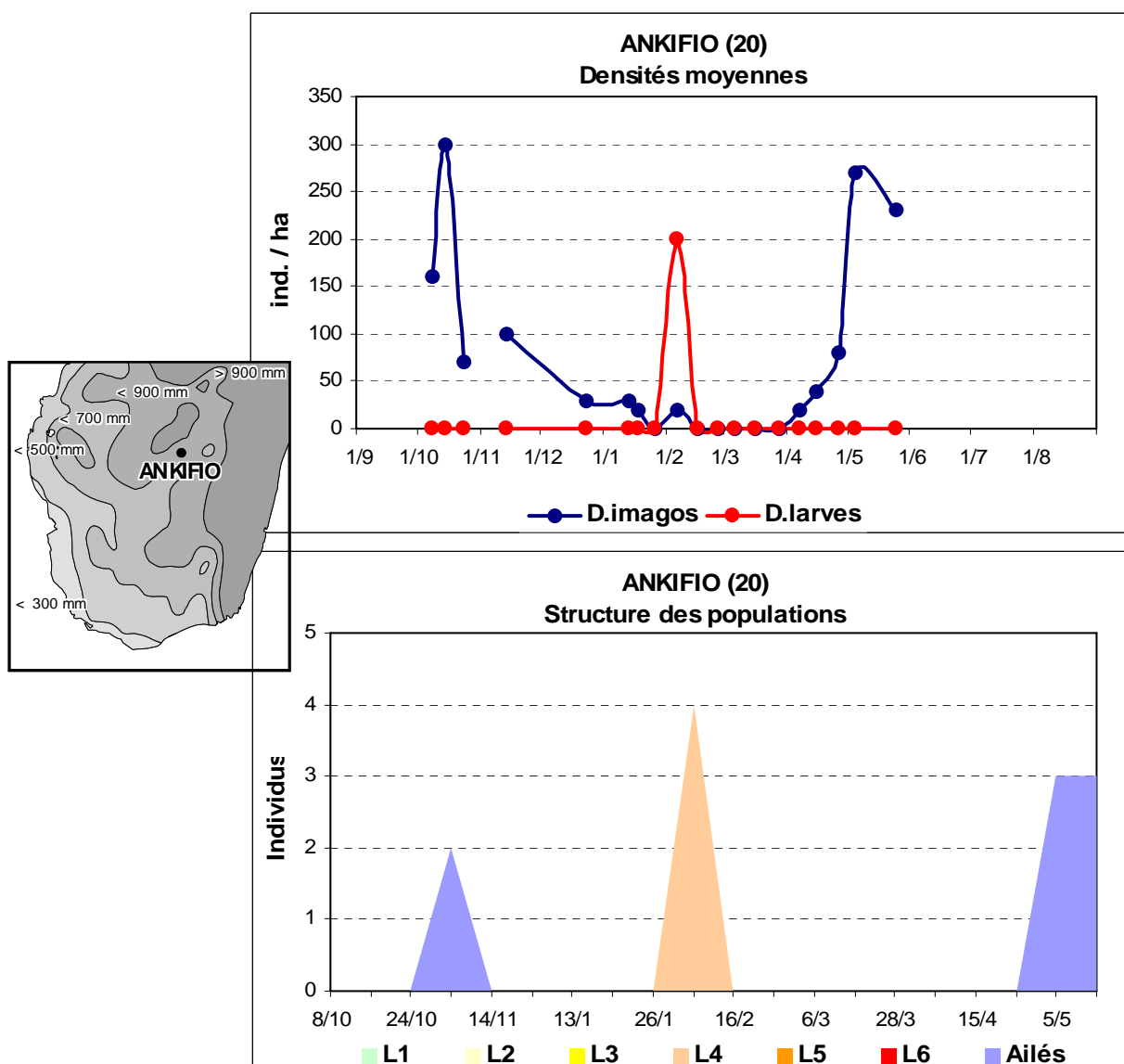
Taux de multiplication :

TE = $300/220 = 1,36$

TL = 0 (la population imaginaire de mai est allochtone)

TR = 0 (car pas d'imagos autochtones)

Ankifio (Ihosy) 2005-2006



Observations :

La densité imaginale décroît fortement en octobre, passant de 300/ha le 14/10 à 100/ha en novembre et 30/ha fin décembre. Seules quelques larves sont observées le 6 février (4 L4). Il semble n'y avoir aucun imago autochtone. La population imaginale apparaissant en avril et surtout début mai (270/ha le 5/5) est indiscutablement allochtone.

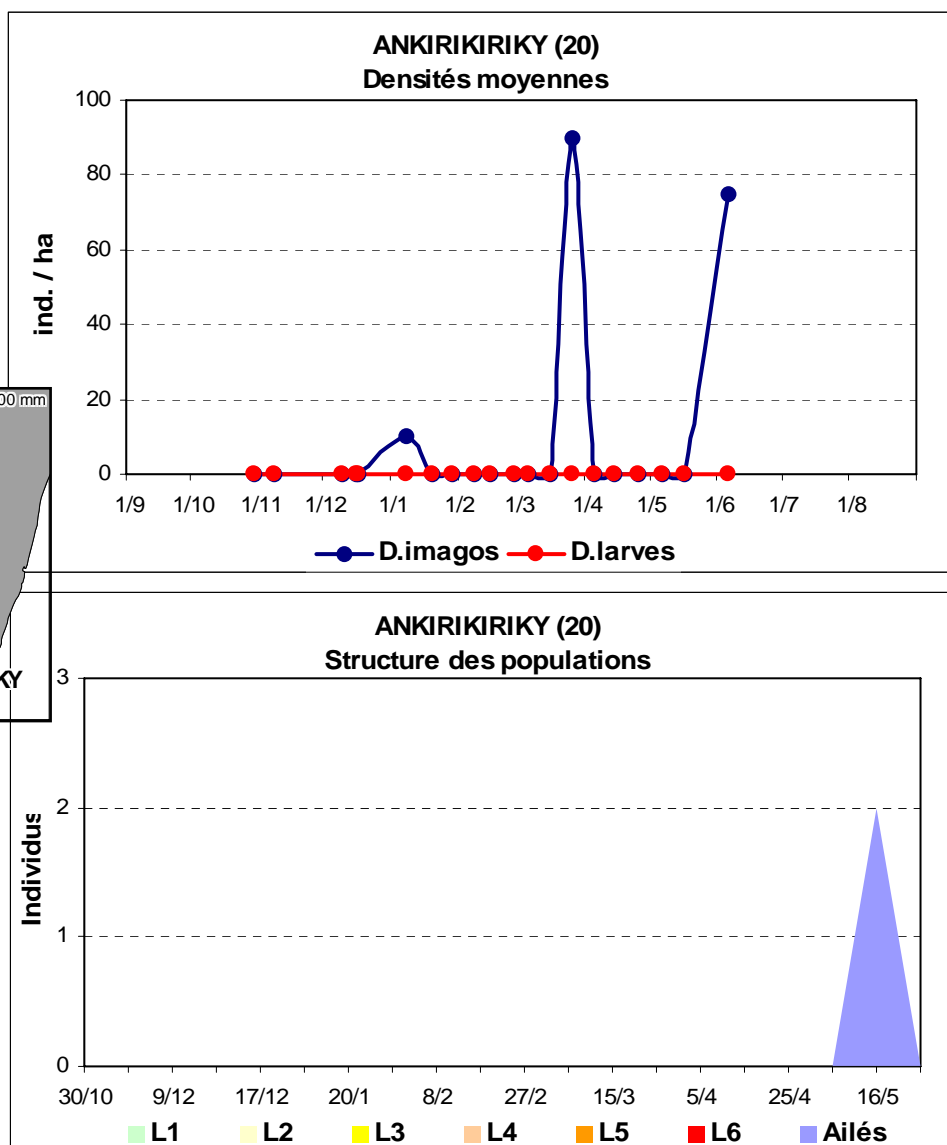
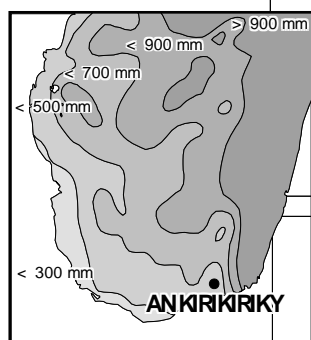
Densités maximales :

DI1 = 300/ha le 14/10
DL = 200/ha le 6/2
DI2 = 270/ha le 5/5/

Taux de multiplication :

TE = $200/300 = 0,67$
TL = 0 (la population imaginale de mai est allochtone)
TR = 0 (car pas d'imagos autochtones)

Ankirikiriky (Amboasary) 2005-2006



Observations :

Densité imaginale très faible (<100/ha) et présence erratique. Aucun développement larvaire. Le site ne semble visité qu'occasionnellement par des populations imaginaires qui ne s'attardent pas sur place.

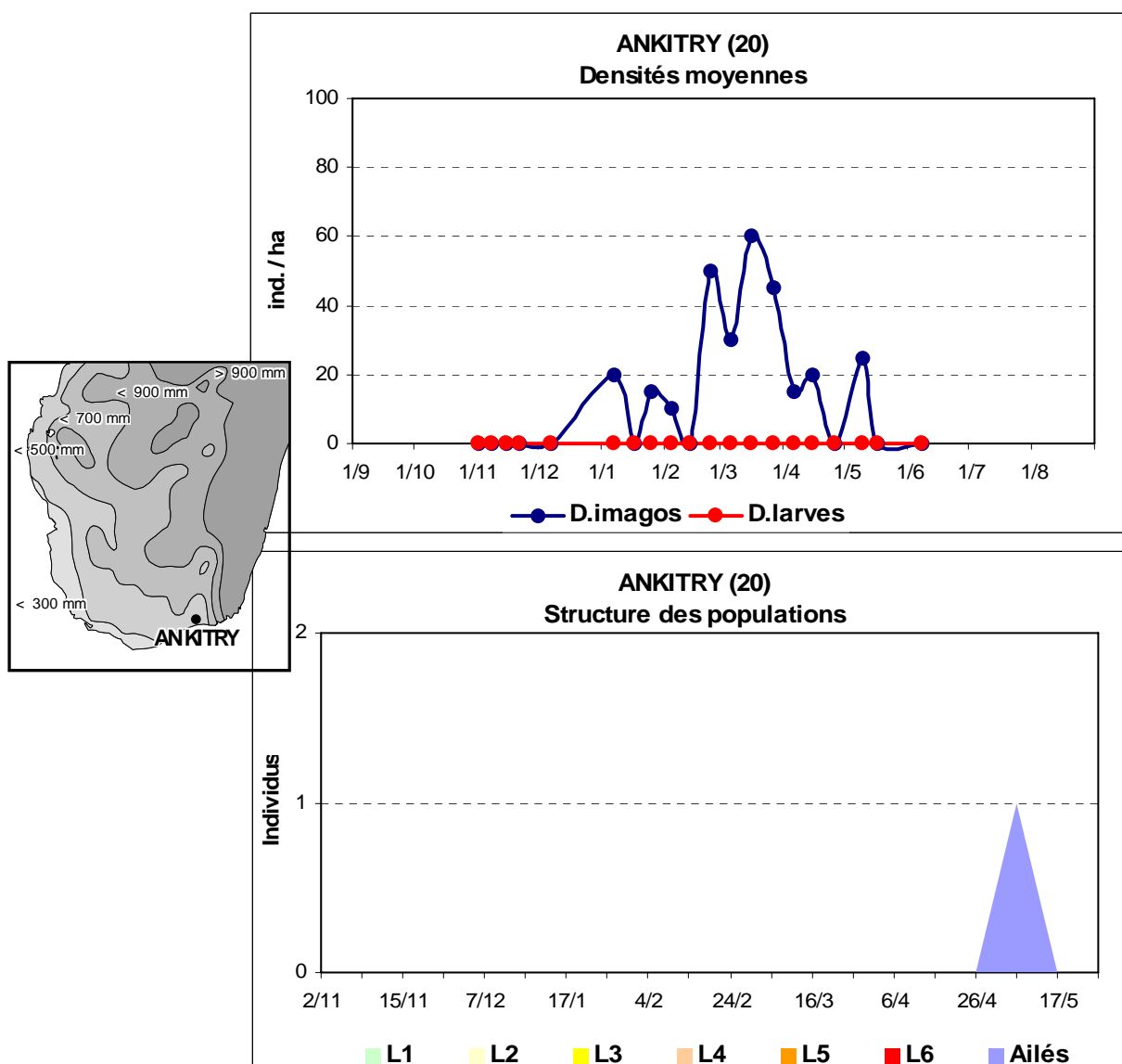
Densités maximales :

DI1 = 10/ha le 8/1
DL = 0
DI2 = 90/ha le 26/3

Taux de multiplication :

TE = 0
TL = 0
TR = 0

Ankity (Amboasary) 2005-2006



Observations :

Densité imaginale très faible et présence assez erratique. Aucun développement larvaire. Le site ne semble visité qu'occasionnellement par des populations imaginales qui ne s'attardent pas sur place. Aucune arrivée d'imagos en début de saison des pluies (novembre et décembre). Ce n'est qu'en pleine saison des pluies que quelques individus allochtones sont observés (sans doute de vieux imagos de la génération 2005). En mars et avril on observe des populations imaginales allochtones un peu plus denses (60/ha le 16/3) devant correspondre à des individus jeunes de la génération 2006, nés sans doute plus au nord dans des zones propices à la reproduction.

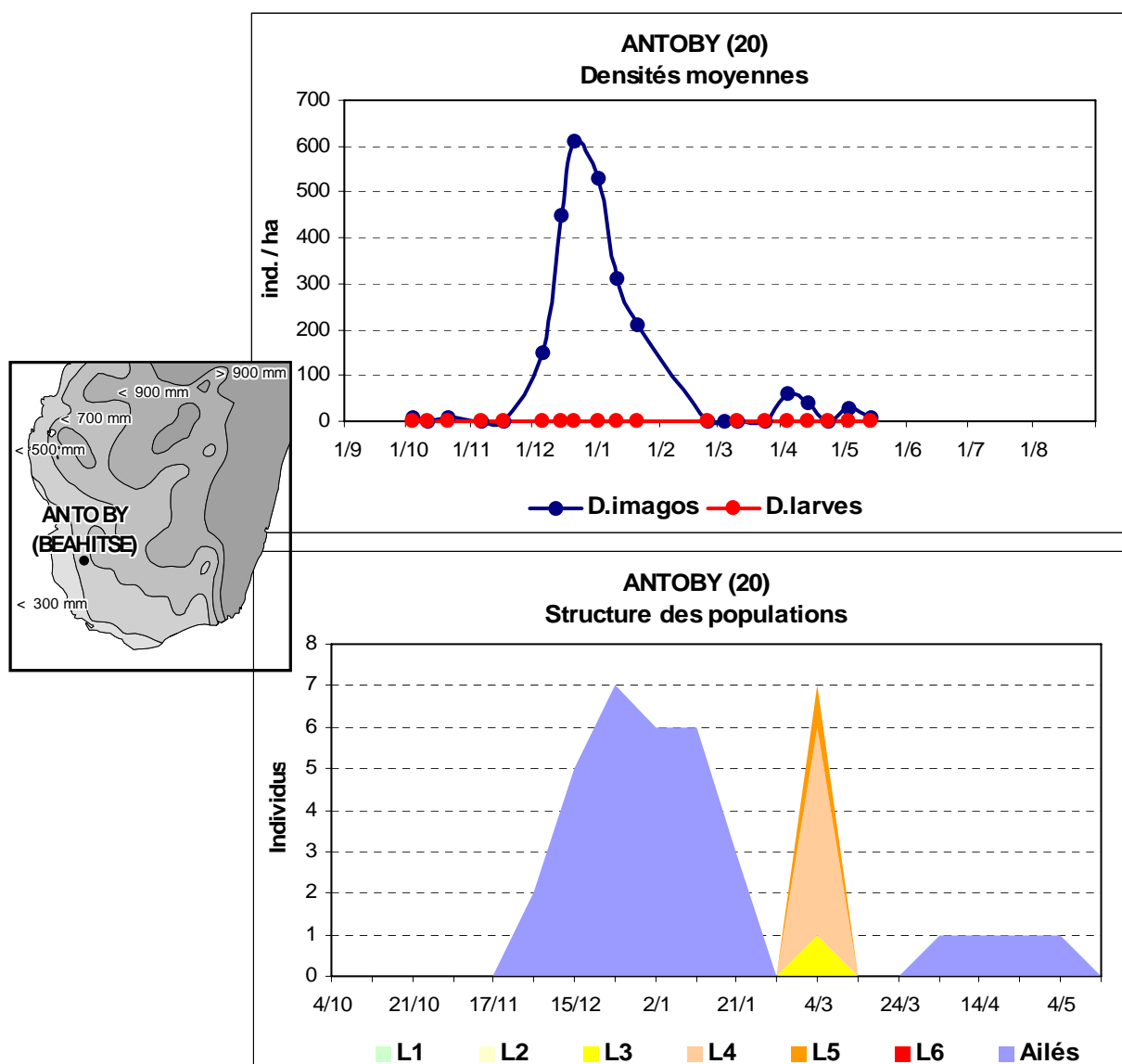
Densités maximales :

DI1 = 20/ha le 7/1
DL = 0
DI2 = 60/ha le 16/3

Taux de multiplication :

TE = 0
TL = 0
TR = 0

Antoby (Beahitse) 2005-2006



Observations :

Absence d'imagos n'est observé pendant la saison sèche 2005. On note un net pic de densité imaginale liée à une arrivée de population allochtone en décembre (600/ha le 21/12). Cette population – qui disparaît en janvier et début février – est à l'origine d'une population larvaire. Malheureusement cette dernière est mal échantillonnée. Les seules larves collectées l'ont été le 4 mars (1L3, 5L4 et 1L5). La densité larvaire n'a pas été notée. On peut supposer que la faible population imaginale apparaissant début avril (60/ha le 4/4) est issue de ces larves. En début mai la densité – déjà faible – décroît fortement et n'est plus que de 10/ha à la mi-mai.

Densités maximales :

DI1 = 610/ha le 21/12

DL = <10 ?

DI2 = 60/ha le 16/3

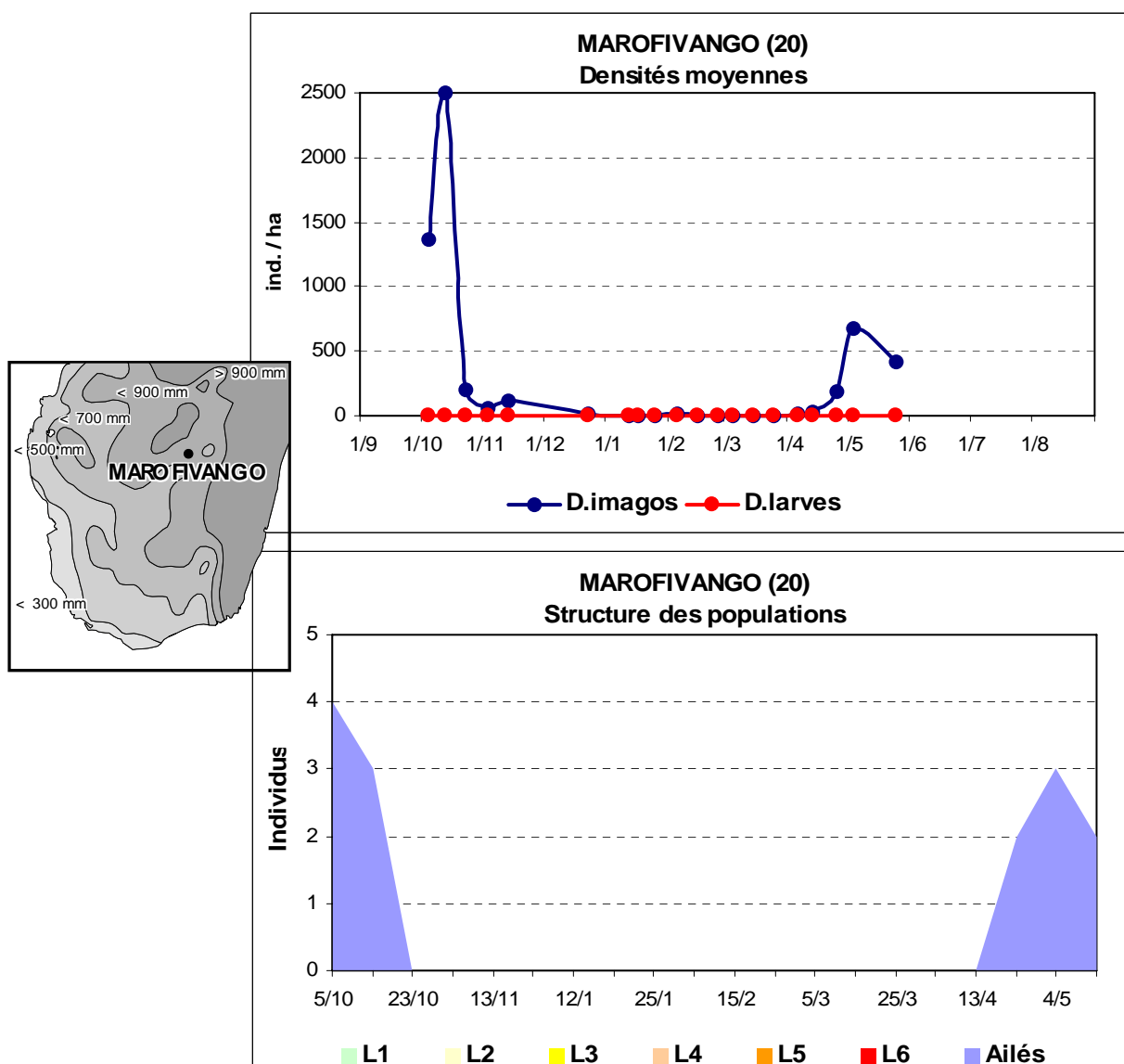
Taux de multiplication :

TE = $\frac{10}{610} = < 0,02$

TL = $\frac{60}{10} = ?$

TR = $\frac{60}{610} = 0,1$

Marofivango (Ihosy) 2005-2006



Observations :

Absence totale d'imagos et de larves pendant la saison des pluies. La densité imaginale est importante en fin de saison sèche. Ces imagos disparaissent rapidement. Dès la fin octobre la densité n'est plus que d'une centaine d'imagos par hectare. La nouvelle génération d'imagos – allochtones - apparaît à partir de la fin avril. Début mai la densité est de 680 imagos par hectare.

Densités maximales :

DI1 = 2500 le 13/10

DL = 0

DI2 = 680 le 4/5 (population allochtone)

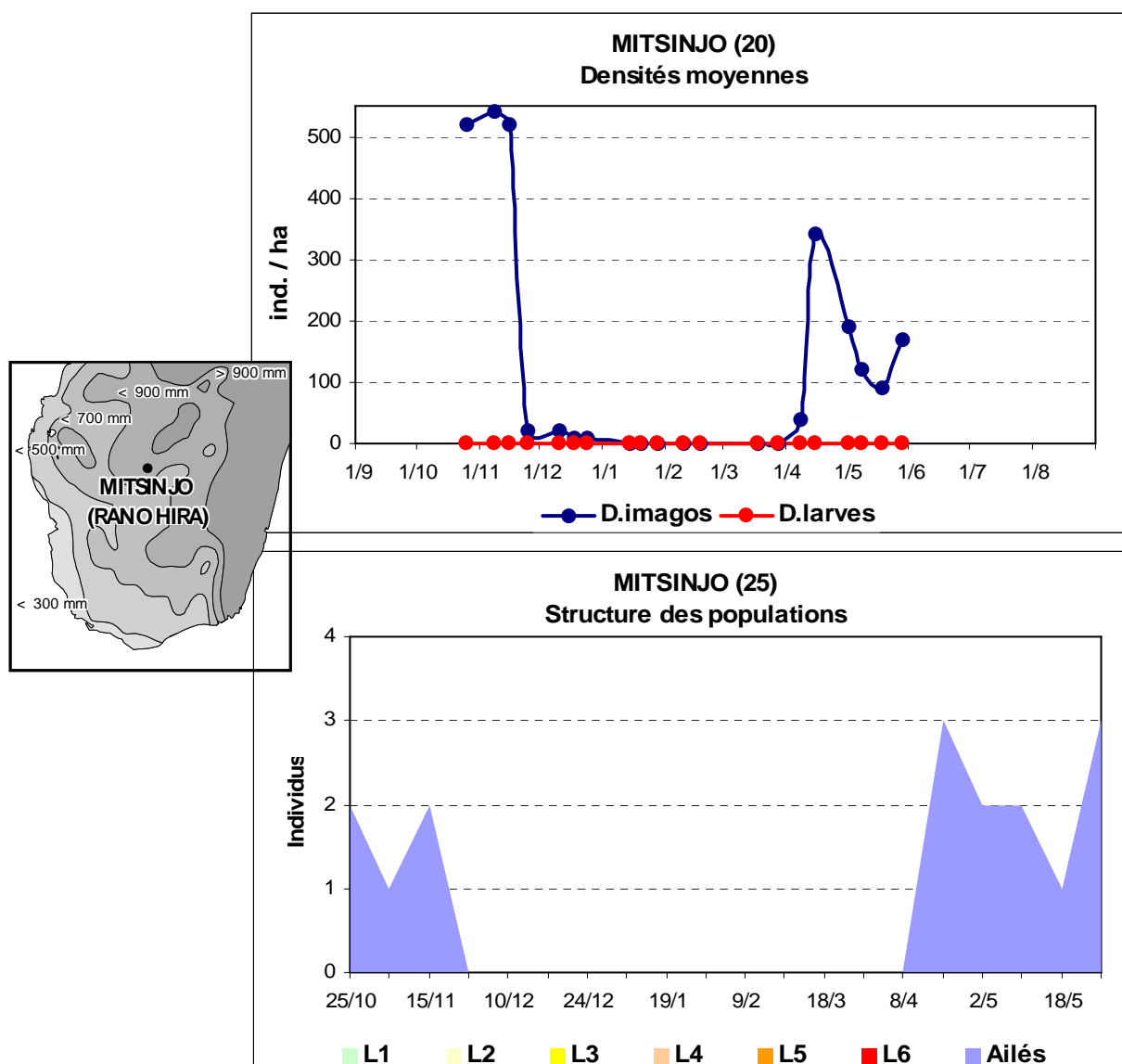
Taux de multiplication :

TE = 0

TL = 0

TR = 0

Mitsinjo (Ranohira) 2005-2006



Observations :

Absence totale d'imagos et de larves pendant la saison des pluies. La densité imaginale est importante en fin de saison sèche et jusqu'au 15 novembre 2005. Ces imagos disparaissent ensuite très rapidement. La nouvelle génération d'imagos – allochtones - apparaît à partir de la fin avril (340/ha le 15/4).

Densités maximales :

DI1 = 540/ha le 8/11

DL = 0

DI2 = 340/ha le 15/4 (population allochtone)

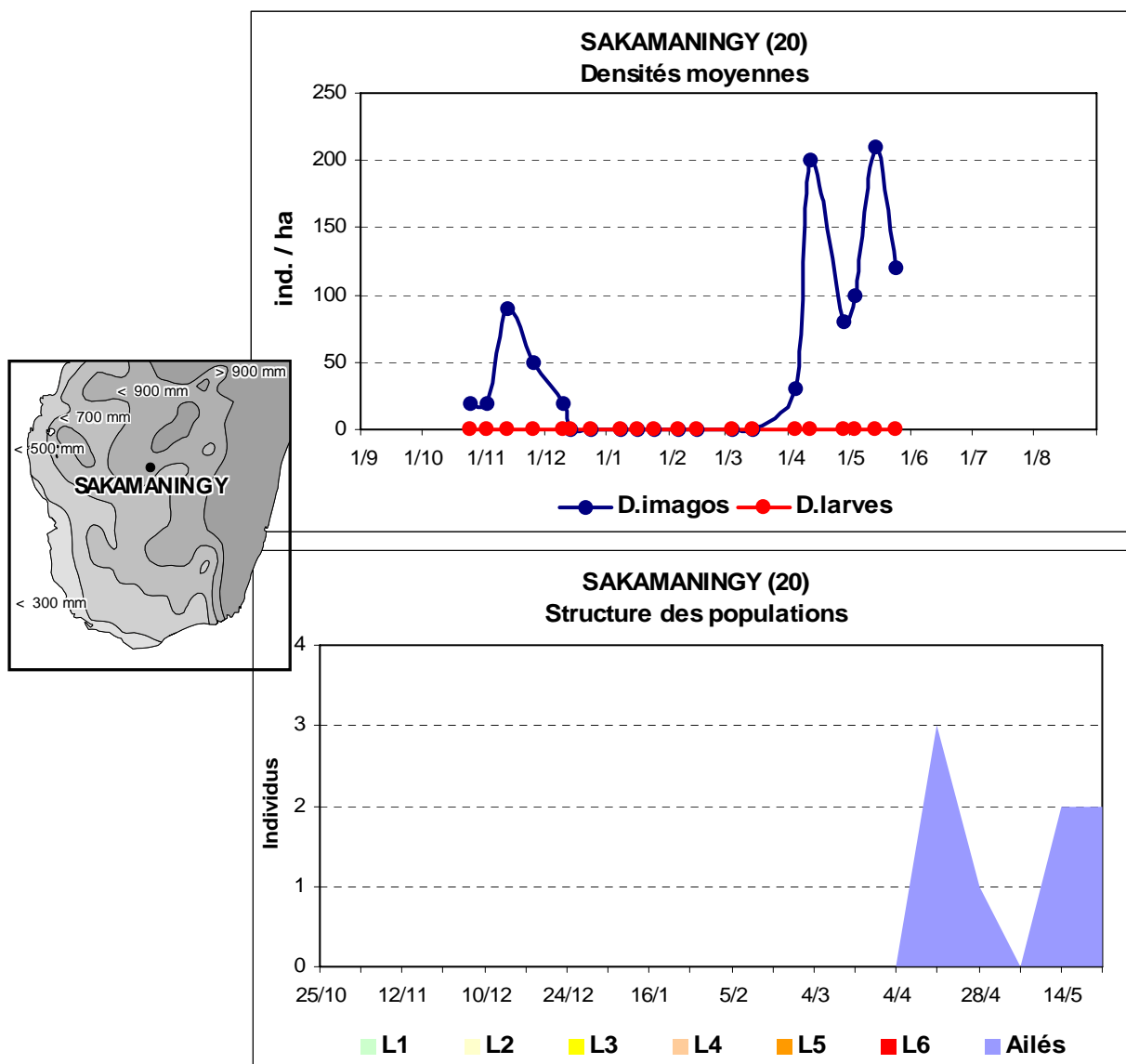
Taux de multiplication :

TE = 0

TL = 0

TR = 0

Sakamaninjo (Ranohira) 2005-2006



Observations :

Absence totale d'imagos et de larves pendant la saison des pluies. Un pic de densité imaginale est observé le 12/11 (90/ha). La population disparaît en décembre et ne réapparaît qu'à la mi-avril 2006 (200/ha le 12/4 et 210/ha le 14/5).

Densités maximales :

DI1 = 90/ha le 12/11

DL = 0

DI2 = 200/ha le 12/4 (population allochtone)

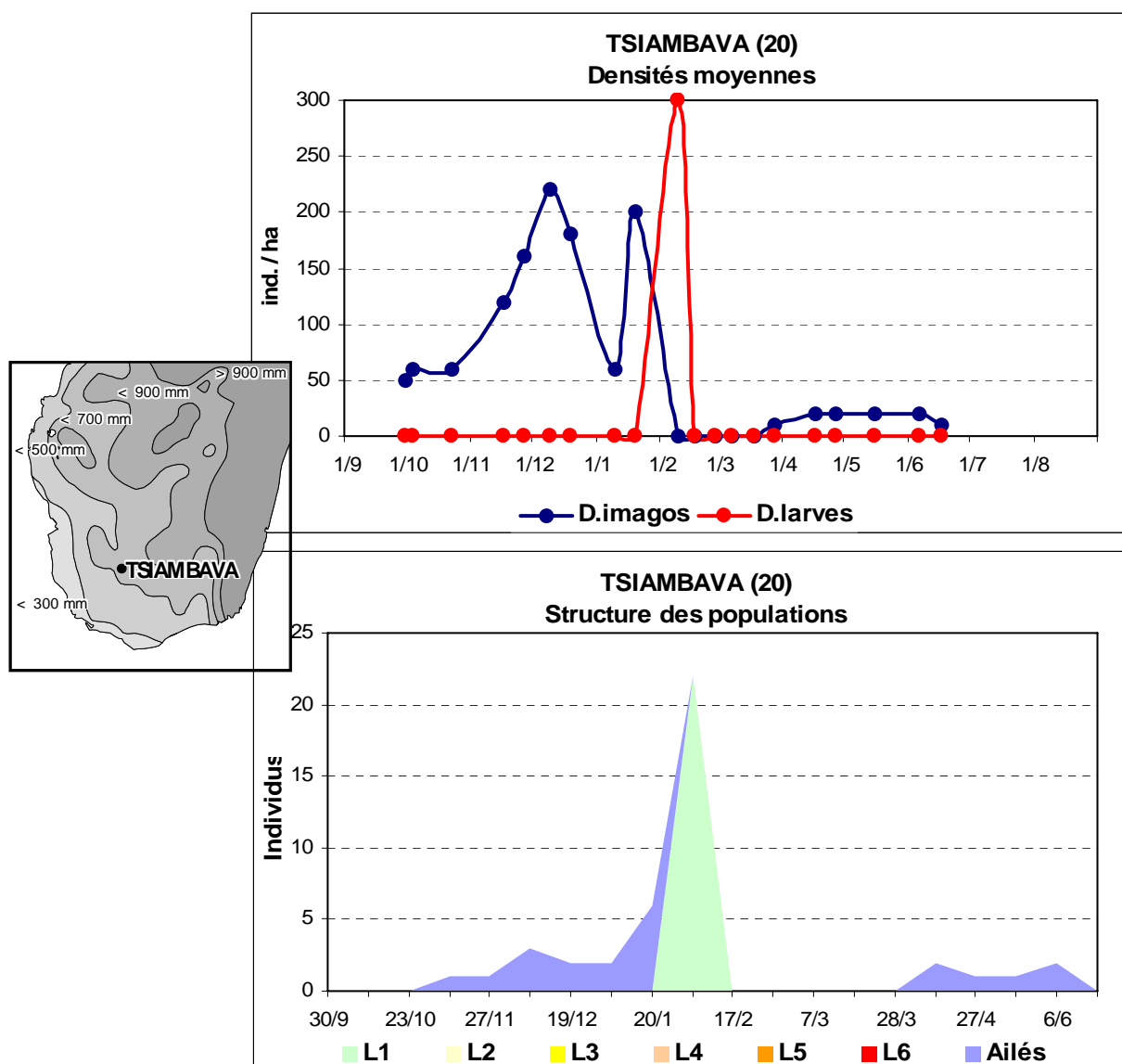
Taux de multiplication :

TE = 0

TL = 0

TR = 0

Tsiambava (Edjeda) 2005-2006



Observations :

La densité imaginale augmente en début de saison des pluies et culmine à 220/ha le 9/12. Un deuxième pic de densité est observé le 20/1. Les imagos disparaissent en février. Les larves ne sont observées que le 9 février (22 L1) à la densité de 300/ha. Aucune larve n'est notée par la suite mais il n'est pas certain que les prospections aient été effectuées. Quoi qu'il en soit, la population imaginale fille qui apparaît début avril demeure en basse densité (un maximum de 20/ha est noté le 17/4). La densité décroît en juin.

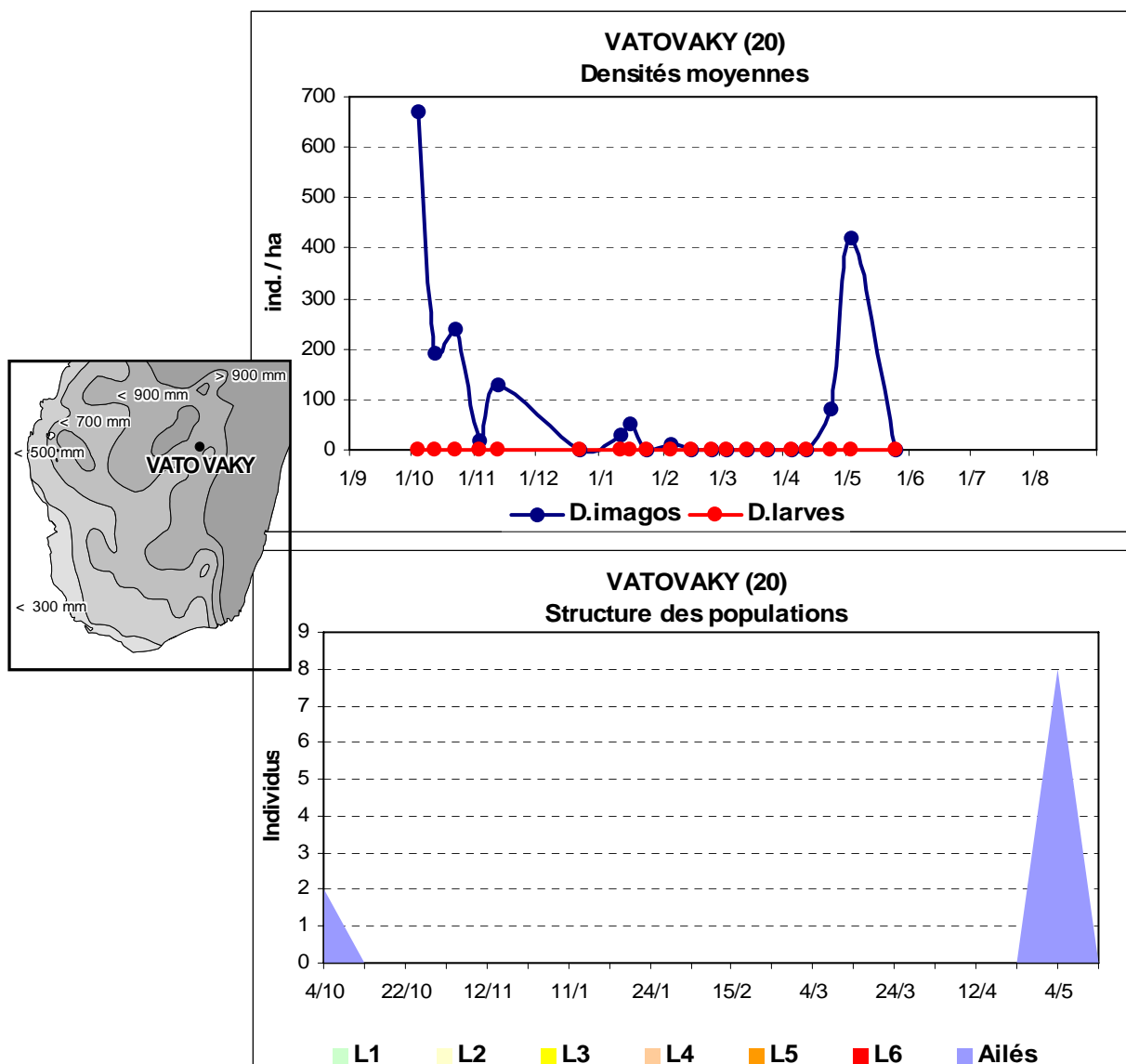
Densités maximales :

DI1 = 330/ha le 9/12
DL = 300/ha le 9/2
DI2 = 20/ha le 17/4

Taux de multiplication :

TE = $300/330 = 0,91$
TL = $20/300 = 0,07$
TR = $20/330 = 0,06$

Vatovaky (Ihosy) 2005-2006



Observations :

La densité imaginale est forte en saison sèche (670/ha le 4/10). Elle décroît rapidement avec l'arrivée de la saison des pluies et est généralement inférieure à 100 en novembre et décembre. Les imagos de la génération 2006 apparaissent fin avril (80/ha). La densité culmine à 420/ha le 4 mai puis chute fortement vers la fin du mois. Aucune larve n'est observée en saison des pluies.

Densités maximales :

DI1 = 670/ha le 4/10

DL = 0

DI2 = 420/ha le 4/5 (population allochtone)

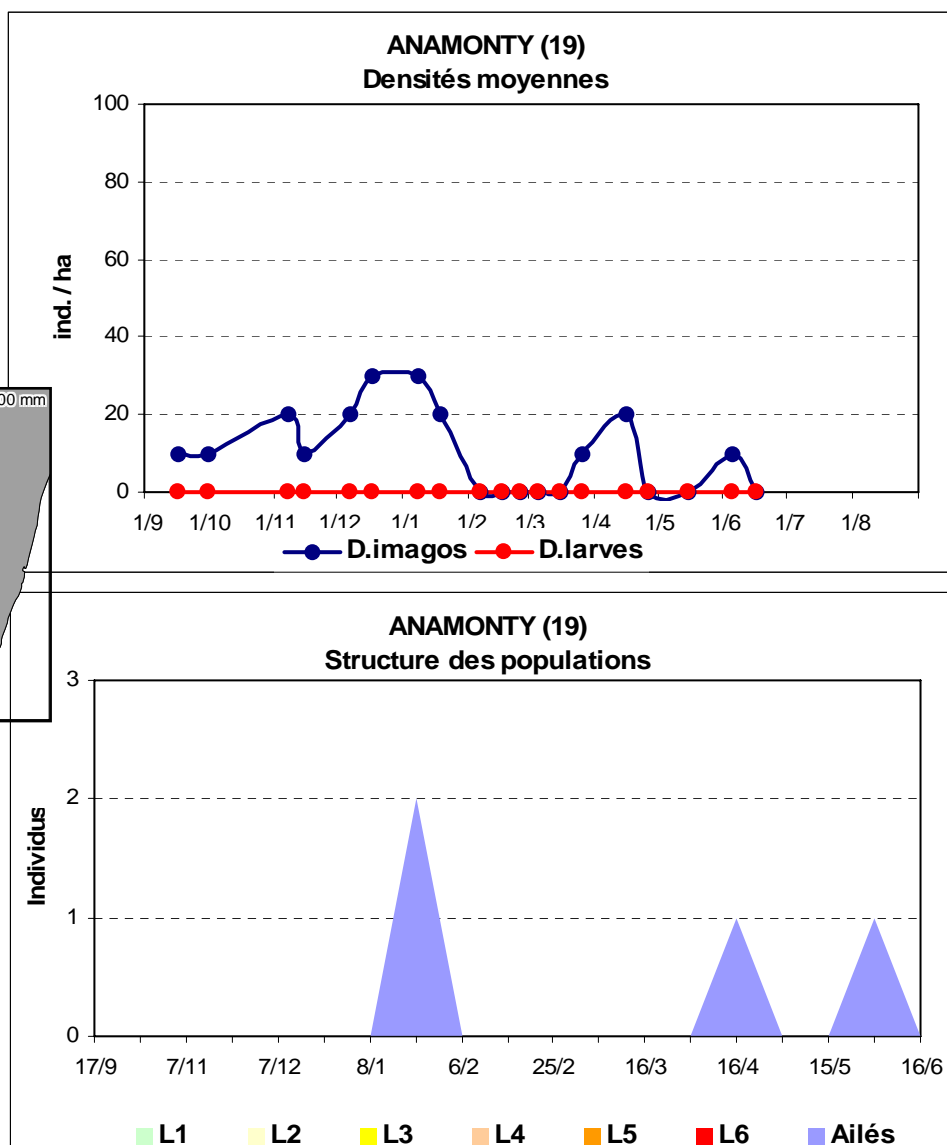
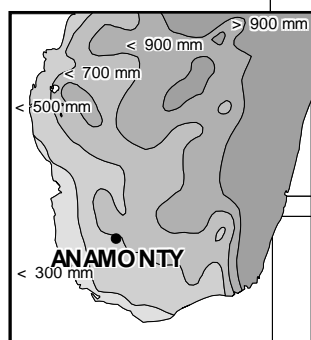
Taux de multiplication :

TE = 0

TL = 0

TR = 0

Anamonty (Edjeda) 2005-2006



Observations :

La densité imaginale reste faible tout au long de l'année. On observe un « pic » fin décembre (20/ha les 7 et 17/12) correspondant aux imagos 2005. La population disparaît au cœur de la saison des pluies. Les imagos (allochtones) de la génération 2006 sont notés à partir de la fin mars et finissent par disparaître à partir de la mi-juin. Aucune larve n'a été observée.

Densités maximales :

DI1 = 30/ha les 7 et 17/12

DL = 0

DI2 = 20/ha le 16/4 (population allochtone)

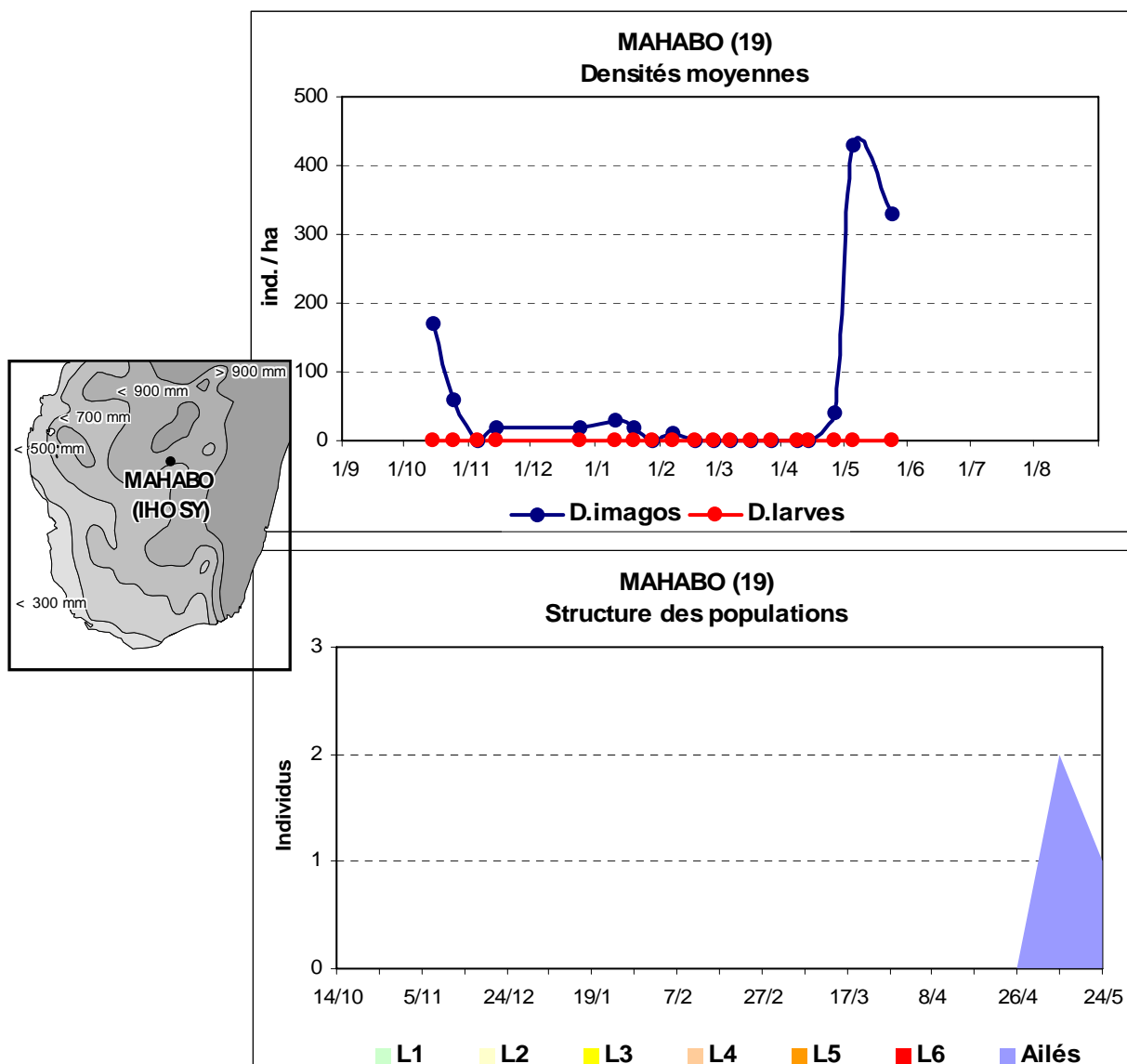
Taux de multiplication :

TE = 0

TL = 0

TR = 0

Mahabo (Ihosy) 2005-2006



Observations :

La densité imaginale décroît fortement fin octobre. Aucune larve n'est observée en saison des pluies. Les nouveaux imagos – allochtones – sont observés à partir de début mai.

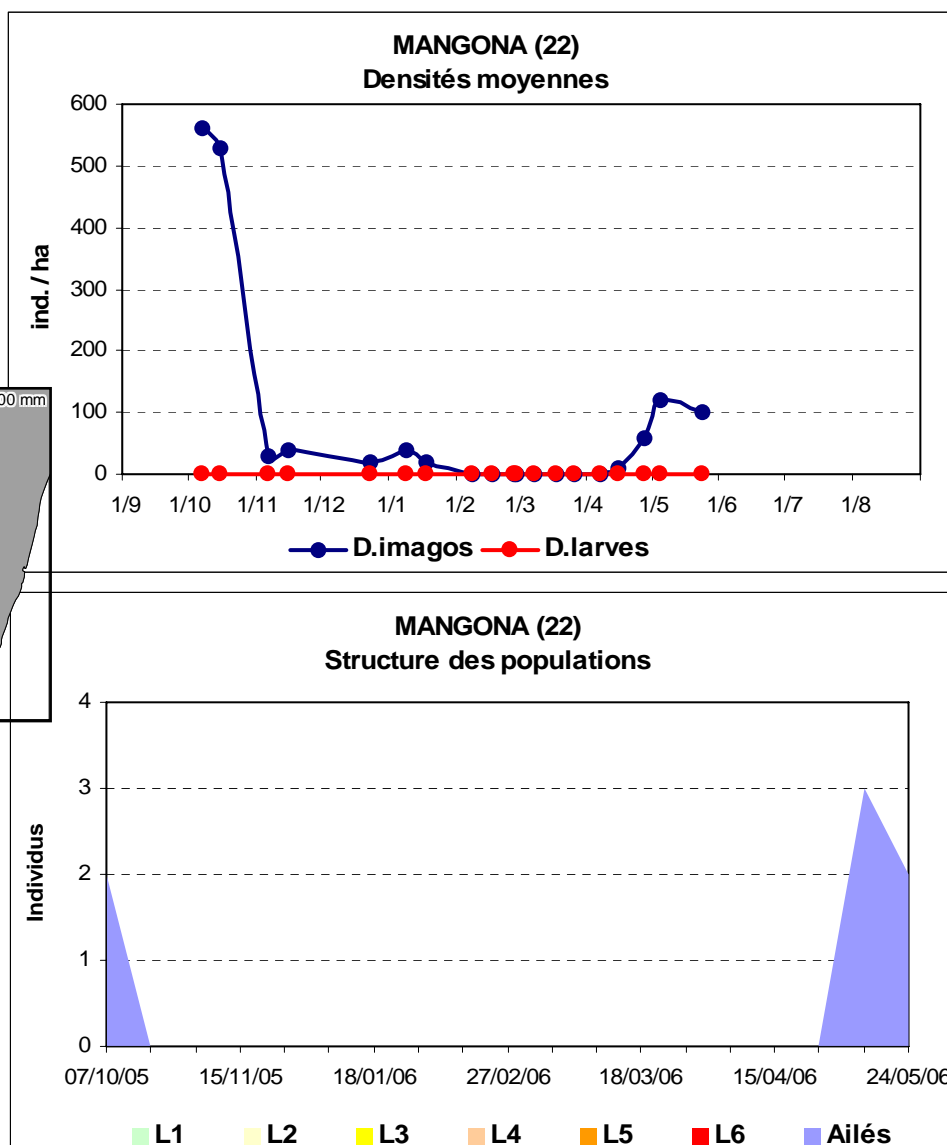
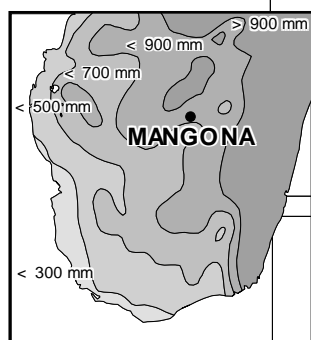
Densités maximales :

DI1 = 170/ha le 14/10
DL = 0
DI2 = 430/ha le 5/5

Taux de multiplication :

TE = 0
TL = 0
TR = 0

Mangona (Ihosy) 2005-2006



Observations :

La densité imaginale forte début octobre (560/ha le 7/10) décroît fortement à la fin du mois. Aucune larve n'est observée en saison des pluies. Les nouveaux imagos – allochtones – sont observés à partir de début mai (120/ha le 5/5).

Densités maximales :

DI1 = 560/ha le 7/10

DL = 0

DI2 = 120/ha le 5/5

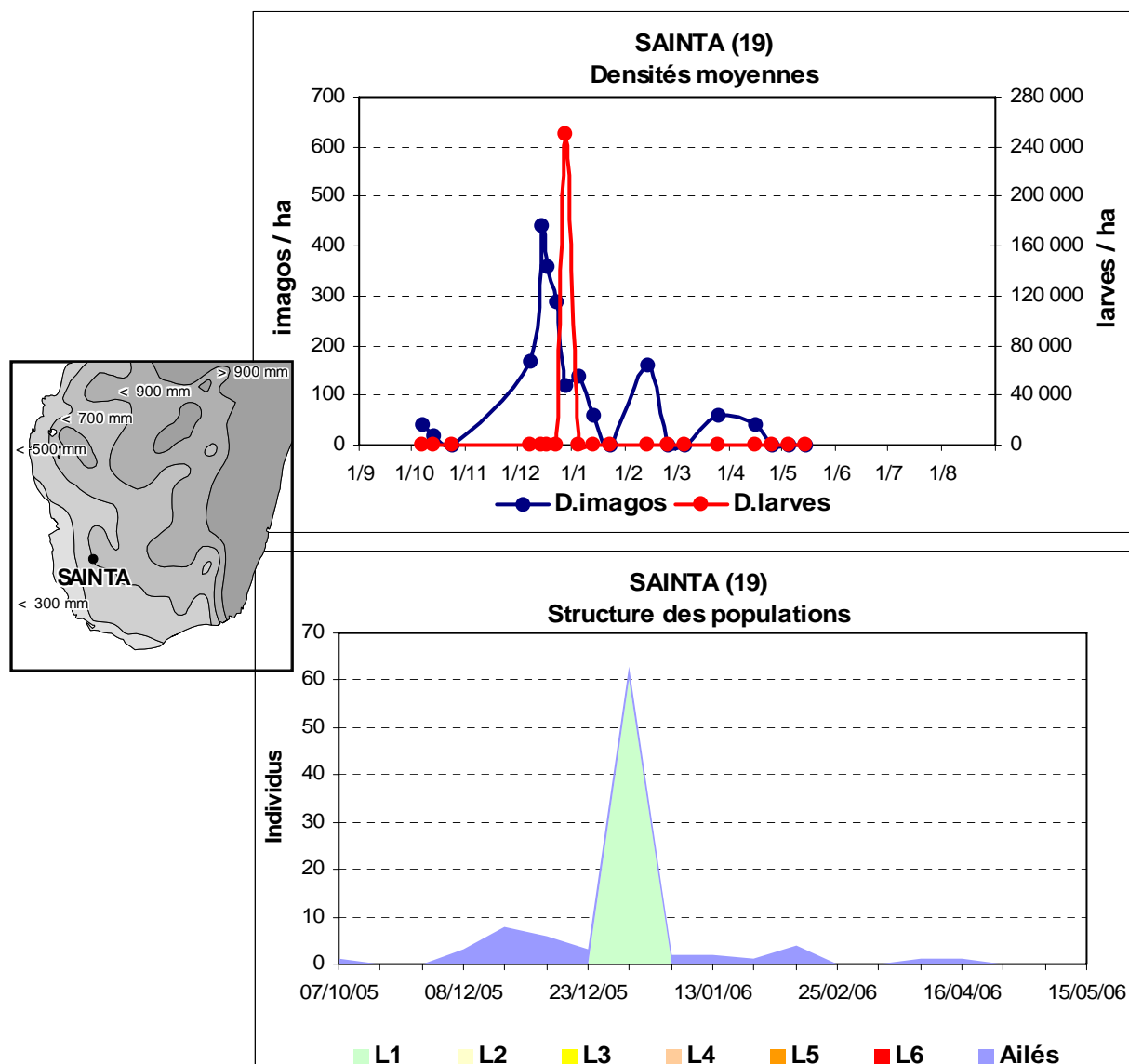
Taux de multiplication :

TE = 0

TL = 0

TR = 0

Sainta (Beahitse) 2005-2006



Observations :

La densité imaginale, quasi nulle en fin de saison sèche, augmente en novembre et atteint 440 imagos/ha le 14/12. Des pullulations larvaires sont notées dès le 28/12 avec une densité de larves de 250000/ha (60L1 sont collectés à cette date). Ce sont cependant les seules larves observées et par la suite la densité de larves est nulle. Une petite population imaginale de la génération fille (allochtone) apparaît vers la fin mars (60/ha le 26/3). La disparition quasi immédiate de la forte population larvaire signalée fin décembre est surprenante. Il est possible qu'un traitement insecticide ait fait disparaître cette population larvaire, mais cela n'a pu être confirmé. Il est également possible que cette signalisation larvaire résulte d'une erreur de traitement des données.

Densités maximales :

DI1 = 440/ha le 14/12
DL = 250000/ha
DI2 = 60/ha le 26/3

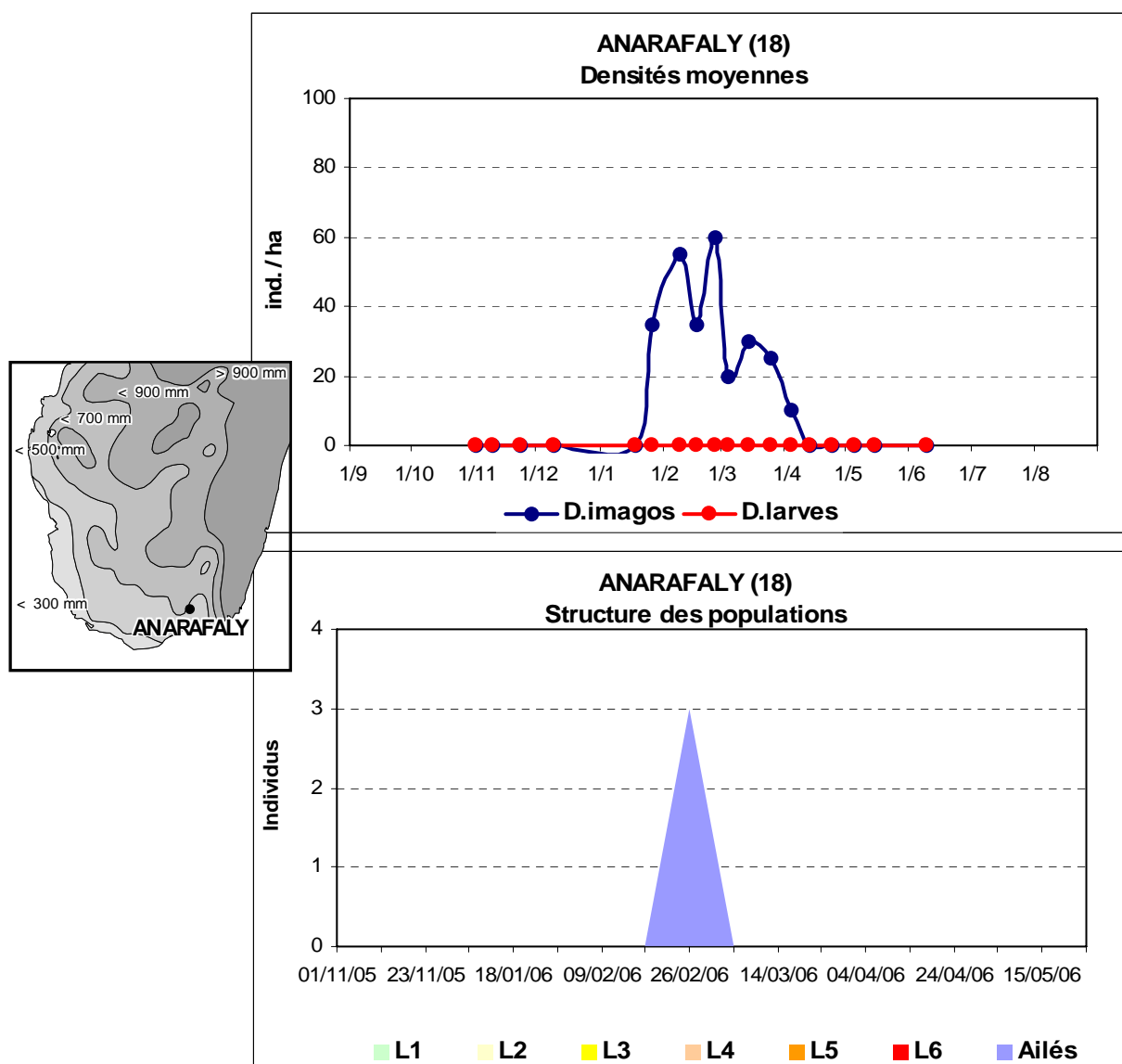
Taux de multiplication :

TE = $250000/440 = 568$
TL = traitement insecticide possible
TR = pas de population autochtone

Remarque :

La signalisation larvaire de fin décembre étant sujette à caution, les taux de multiplication correspondant ne seront pas retenus dans les analyses.

Anarafaly (Amboasary) 2005-2006



Observations :

Absence totale d'imagos en saison sèche. Les imagos ne sont observés qu'en saison des pluies, du 26/1 (arrivée d'une population allochtone) au 4/4, avec une densité maximale de seulement 60/ha le 26/2. Aucune larve n'est observée. Il s'agit à l'évidence d'une zone limite sud colonisée au cœur de la saison des pluies, par un mélange de vieux imagos de la génération 2005 (en février) et de jeunes de la génération 2006 (en mars/début avril).

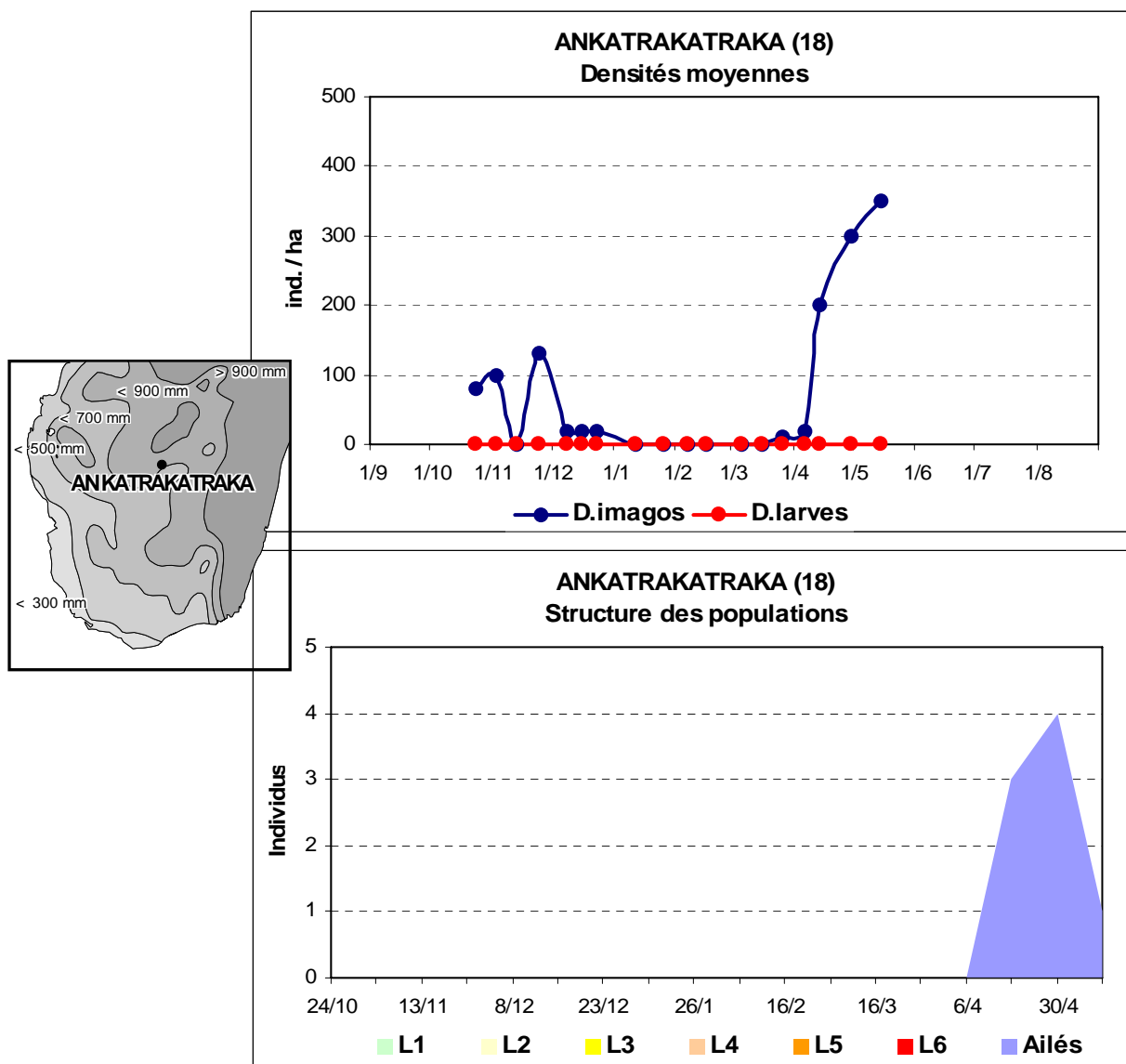
Densités maximales :

DI1 = 60/ha le 26/2
DL = 0
DI2 = 30/ha le 14/3

Taux de multiplication :

TE = 0
TL = 0
TR = 0

Ankatrakatraka (Ranohira) 2005-2006



Observations :

Les imagos 2005 sont observés en début de saison des pluies (130/ha le 24/11) et disparaissent en décembre. Absence totale de larves en saison des pluies. Une nouvelle génération d'imagos allochtones fait son apparition en avril 2006 (200/ha le 14/4). La densité augmente jusqu'à la fin des observations au 15 mai (350/ha).

Densités maximales :

DI1 = 130/ha le 24/11

DL = 0

DI2 = 200/ha le 14/4 (population allochtone)

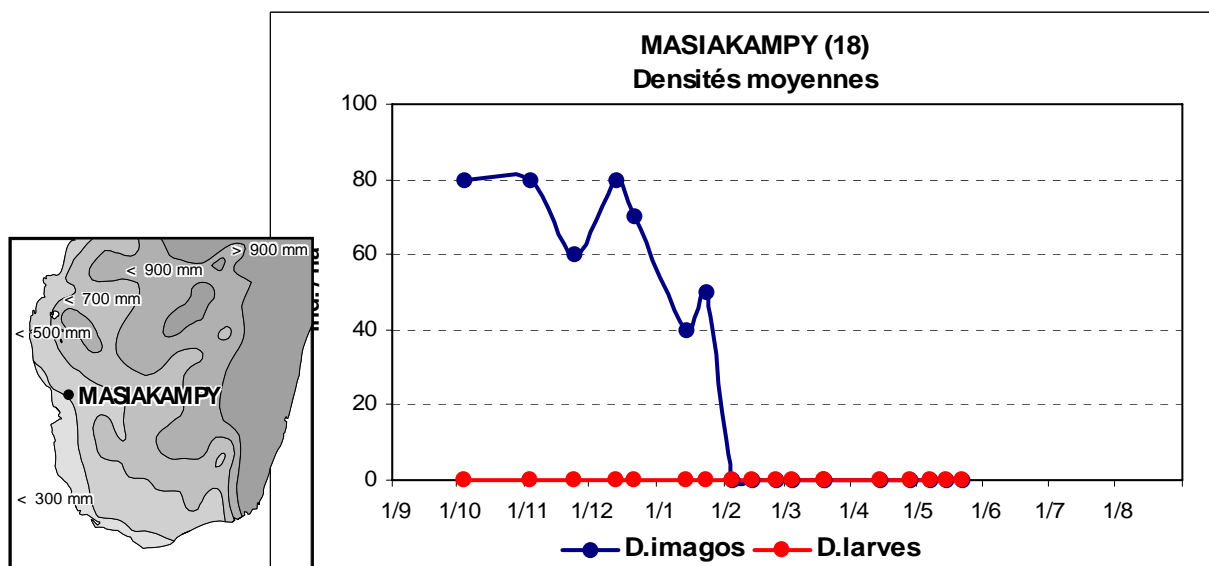
Taux de multiplication :

TE = 0

TL = 0

TR = 0

Masiakampy (Tuléar) 2005-2006



Observations :

La densité imaginale est globalement faible. On note une population peu dense (80/ha) en fin de saison sèche 2005. La densité décroît en début de saison des pluies pour s'annuler en début février 2006. Par la suite plus aucun imago n'est noté. Aucune larve n'est également observée en saison des pluies.

Densités maximales :

DI1 = 80/ha le 13/12

DL = 0

DI2 = 0

Taux de multiplication :

TE = 0

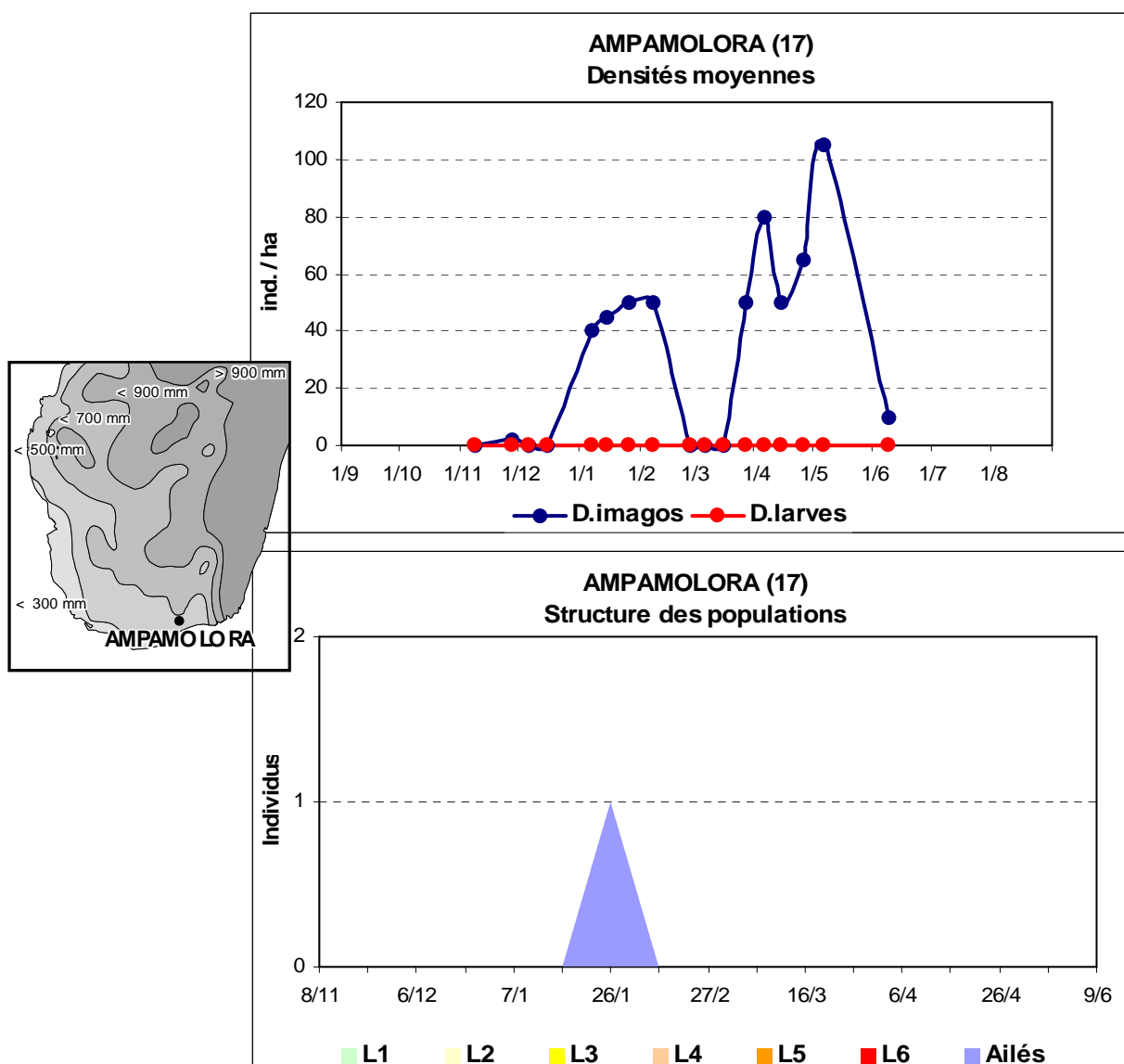
TL = 0

TR = 0

Remarque :

Cette station n'est pas très éloignée de Vorondreo Vaovao, station de reproduction où les densités – de larves comme d'imagos – sont beaucoup plus importantes.

Ampamolora (Ambovombe) 2005-2006



Observations :

Deux pics d'imagos sont observés au cours de la saison 2005-2006. Le premier en janvier 2006 doit correspondre à de vieux imagos de la génération 2005 arrivant tardivement dans cette zone sud. Le second pic se situe à partir de début avril 2006 et correspond sans doute à des individus allochtones de la génération 2006 (aucune larve n'est observée en saison des pluies et cette population ne peut donc être d'origine locale).

Densités maximales :

DI1 = 50/ha le 26/1

DL = 0

DI2 = 105/ha le 6/5 (population allochtone)

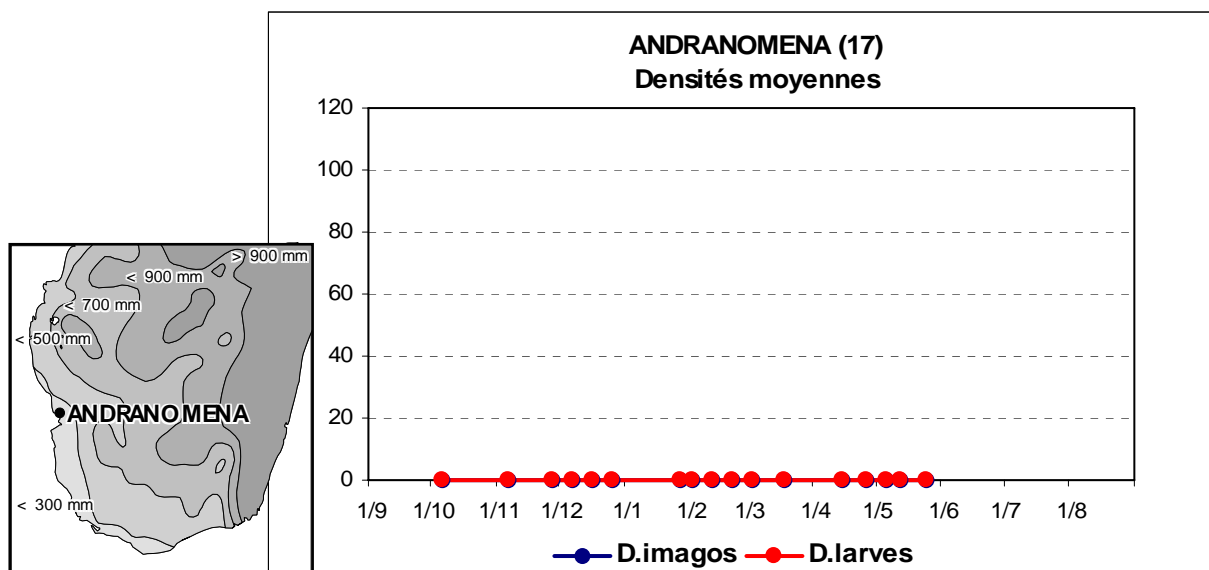
Taux de multiplication :

TE = 0

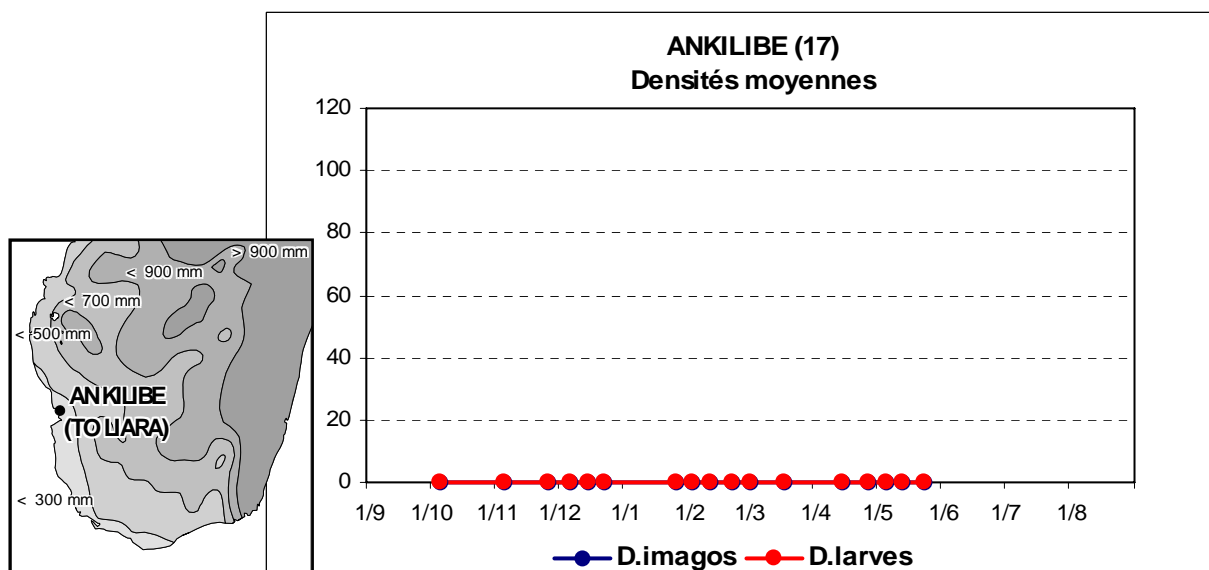
TL = 0

TR = 0

Andranomena (Tuléar) 2005-2006



Ankilibe (Tuléar) 2005-2006



Observations :

Densités nulles pour ces deux stations. Aucun criquet nomade observé au cours de la saison 2005-2006.

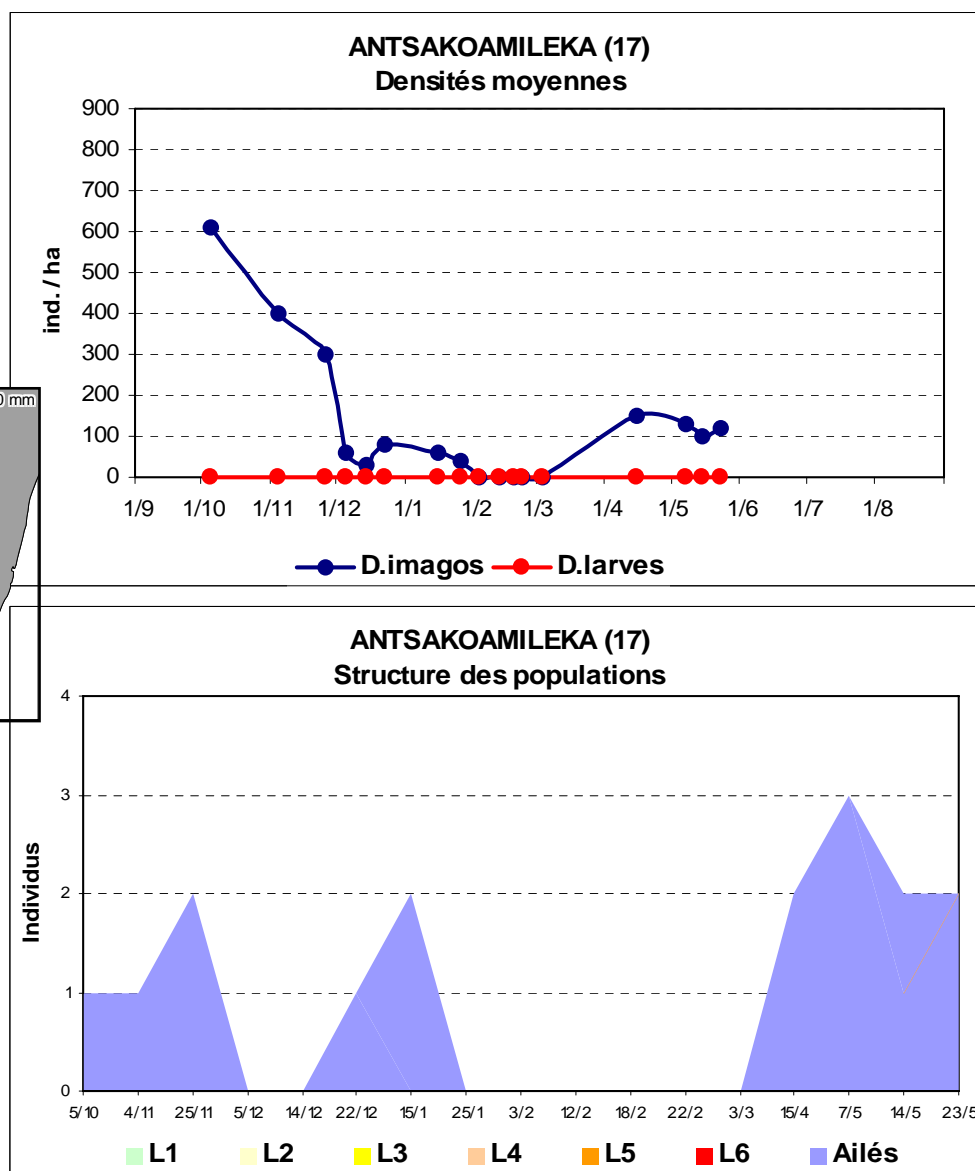
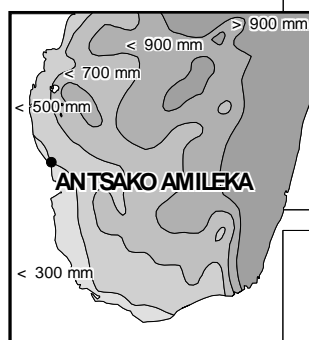
Taux de multiplication :

TE = 0

TL = 0

TR = 0

Antsakoamileka (Tuléar) 2005-2006



Observations :

La densité imaginale de la génération 2005 décroît régulièrement en début de saison des pluies pour disparaître fin janvier 2006. La population fille apparaît en avril 2006 ; elle est d'origine allochtone puisque aucune larve n'est observée sur la station.

Densités maximales :

DI1 = 610/ha le 15/10

DL = 0

DI2 = 150/ha le 15/4 (population allochtone)

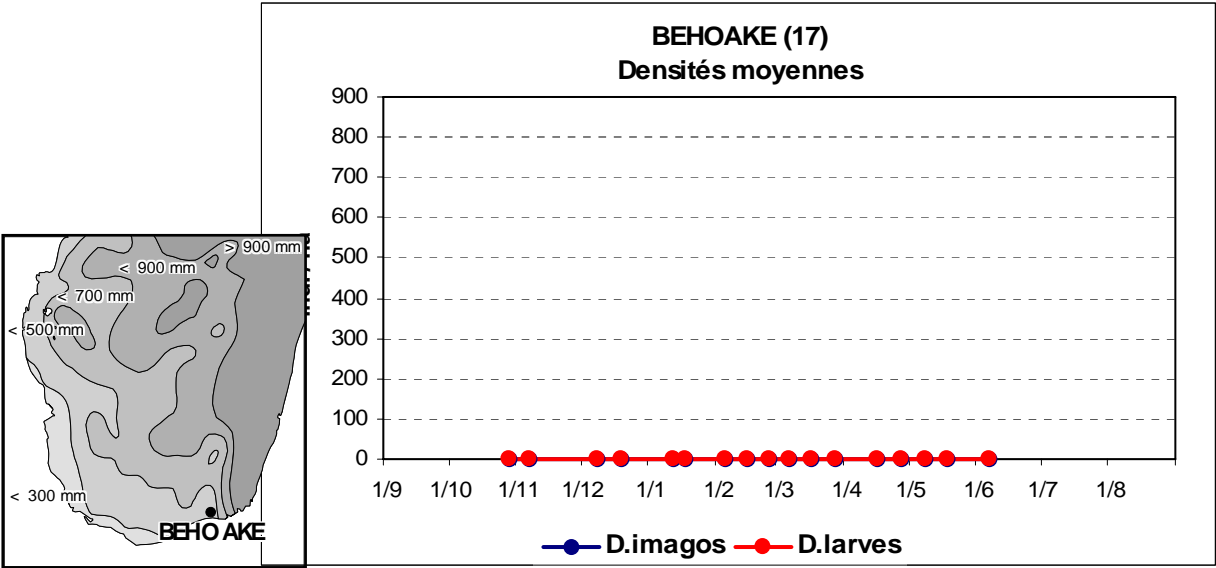
Taux de multiplication :

TE = 0

TL = 0

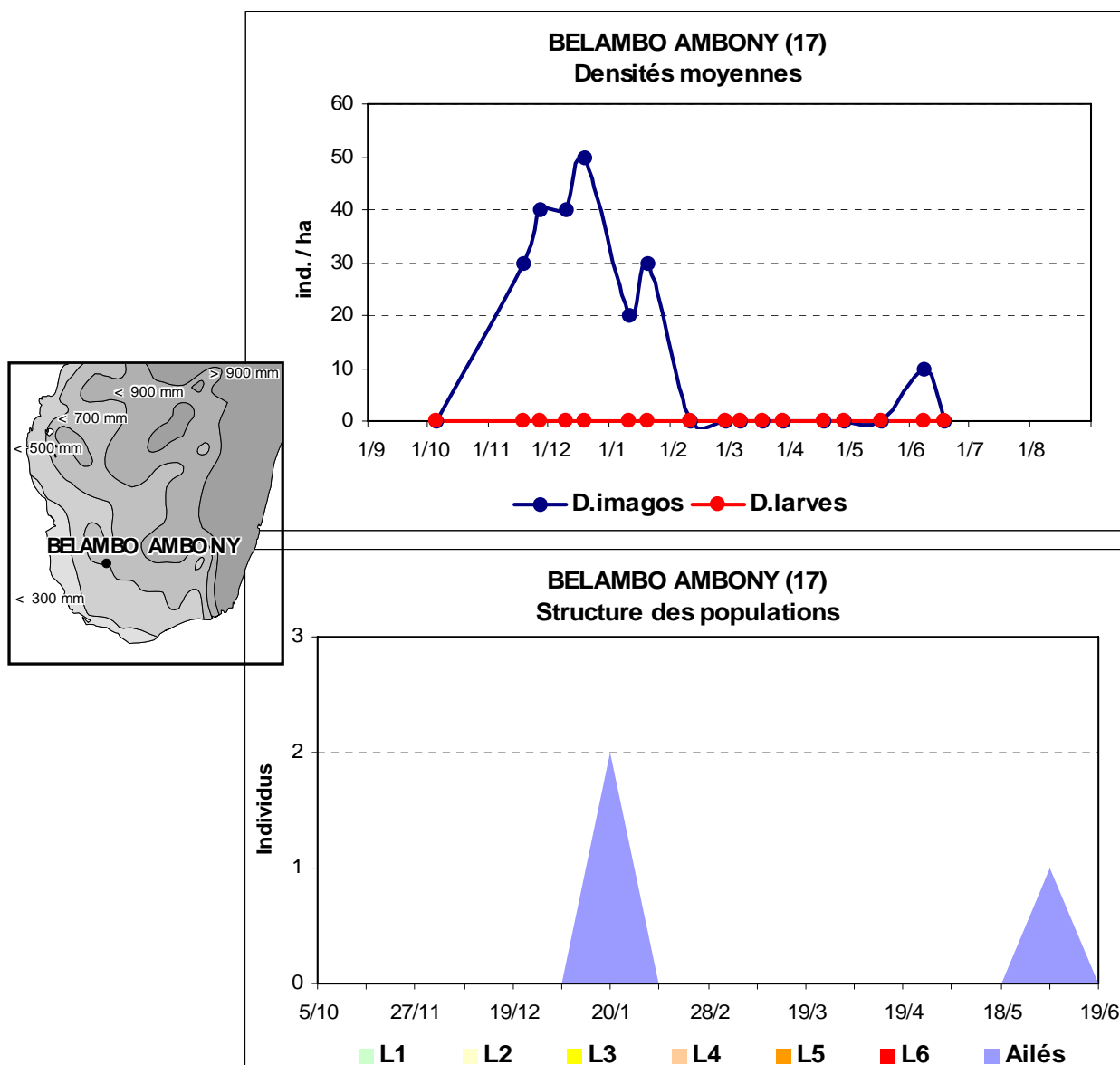
TR = 0

Behoake (Amboasary) 2005-2006



Observations :
Densité nulle. Aucun criquet nomade observé au cours de la saison 2005-2006.

Belambo Ambony (Edjeda) 2005-2006



Observations :

La densité imaginale demeure faible et aucune larve n'est observée au cours de la saison 2005-2006. On note un faible pic de densité en début de saison des pluies (50/ha le 19/12), une disparition de la population imaginale de février à mai et la réapparition de quelques imagos allochtones de la génération 2006 en juin (10/ha le 8/6).

Densités maximales :

DI1 = 50/ha le 19/12

DL = 0

DI2 = 10/ha le 8/6 (population allochtone)

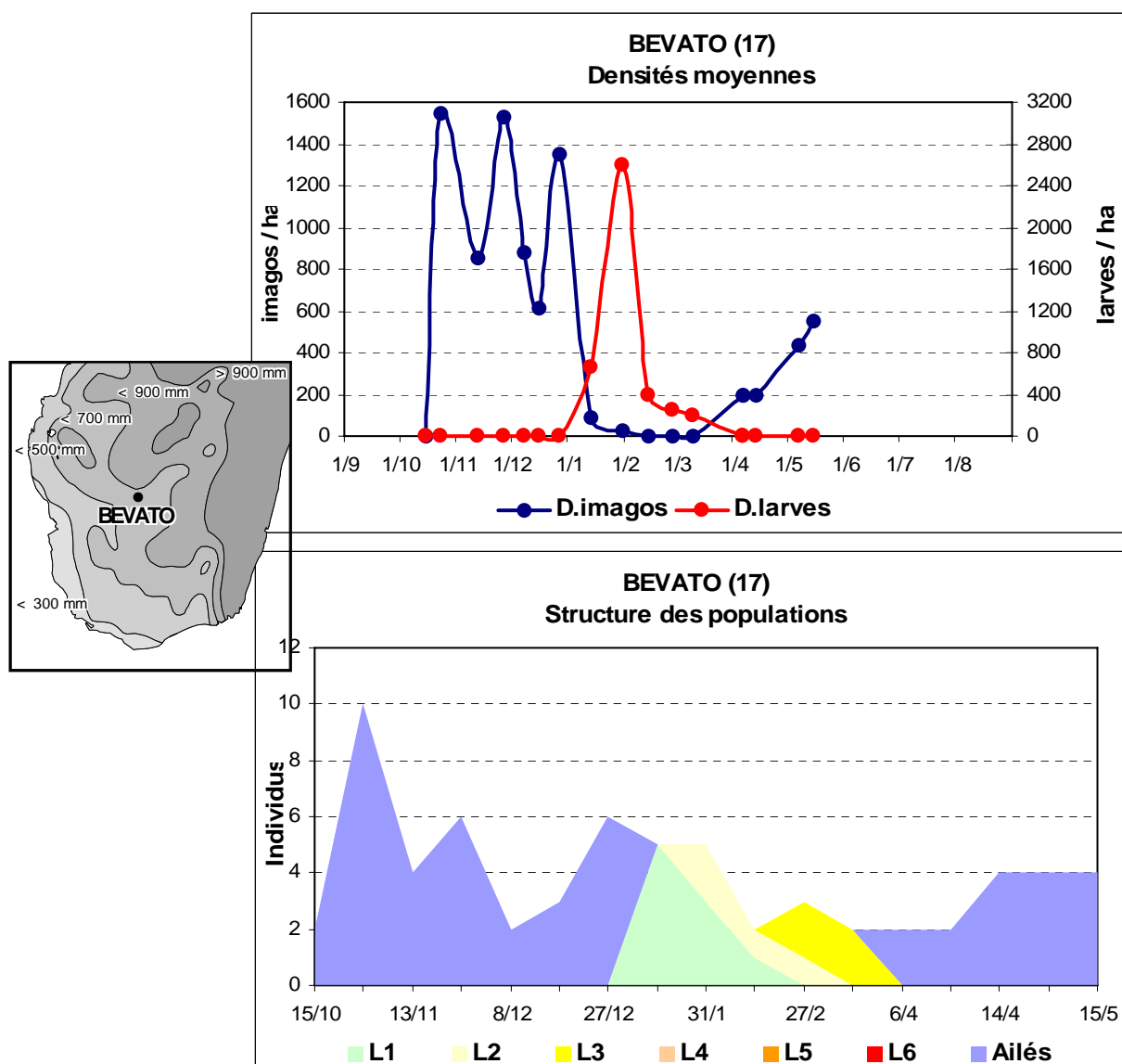
Taux de multiplication :

TE = 0

TL = 0

TR = 0

Bevato (Sakaraha) 2005-2006



Observations :

On note des apports assez importants d'imagos allochtones en début de saison des pluies (1550/ha le 23/10, 1530/ha le 27/11 et 1350/ha le 27/12). Par la suite, la population larvaire est bien représentée (2600 L1+L2 /ha le 31/1). Les derniers stades larvaires passent inaperçus. Cependant la légère augmentation de densité (200/ha) observée début avril est vraisemblablement autochtone. Celle observée en mai (500/ha) doit être le résultat de passages d'immigrants.

Densités maximales :

DI1 = 1550/ha le 23/10

DL = 2600/ha le 31/1

DI2 = 200/ha le 8/6 (densité d'imagos vraisemblablement autochtones)

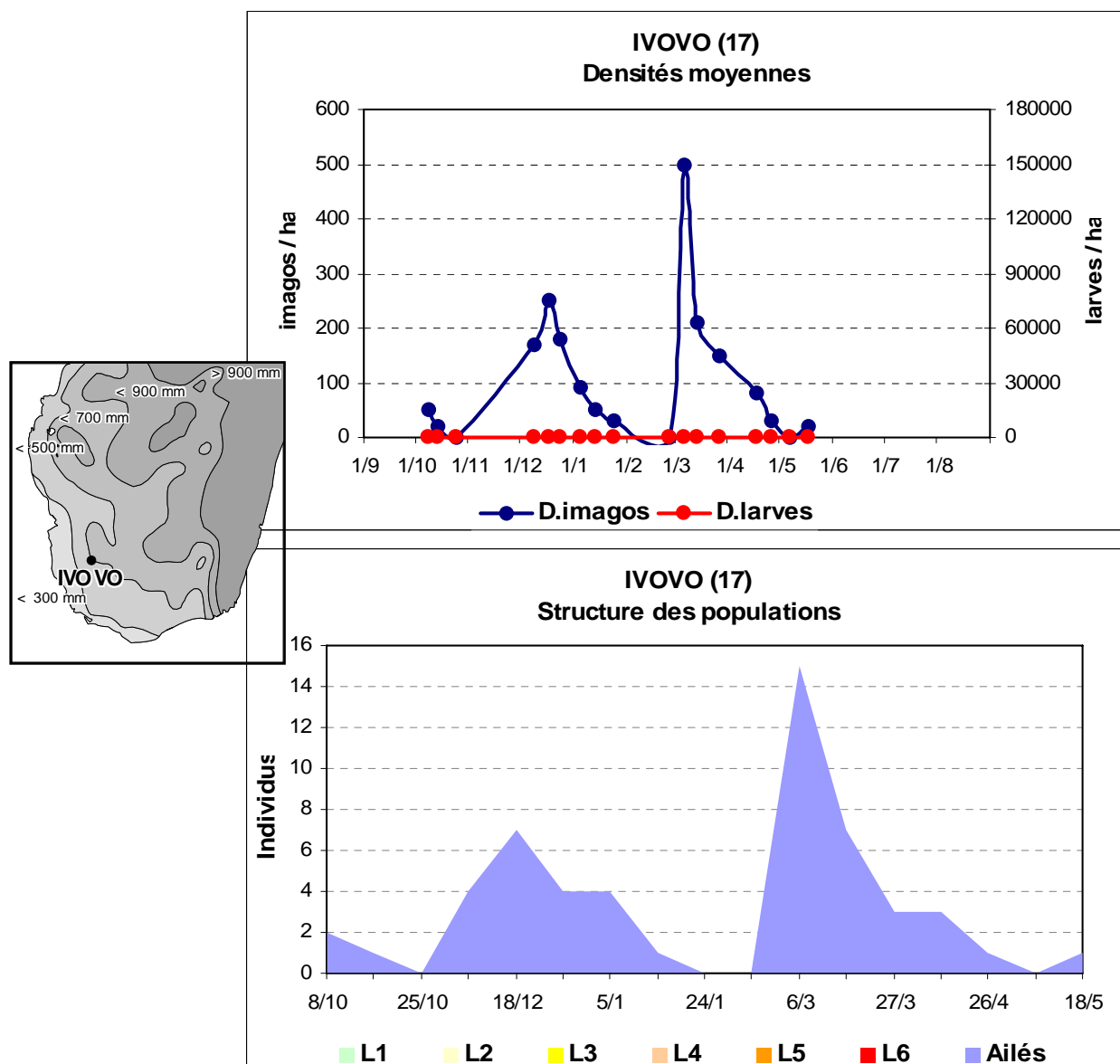
Taux de multiplication :

TE = $2600/1550 = 1,68$

TL = $200/2600 = 0,08$

TR = $200/1550 = 0,32$

Ivovo (Beahitse) 2005-2006



Observations :

On note deux pics de densité : en début de saison des pluies (250/ha le 18/12) et en fin de saison des pluies (500/ha le 6/3). Aucune larve n'est observée, ce qui est un peu surprenant au vu des densités imaginale tant de début que de fin de saison des pluies et pour une station située dans une zone reconnue de reproduction du criquet nomade.

Densités maximales :

DI1 = 250/ha le 18/12

DL = 0

DI2 = 500/ha le 6/3

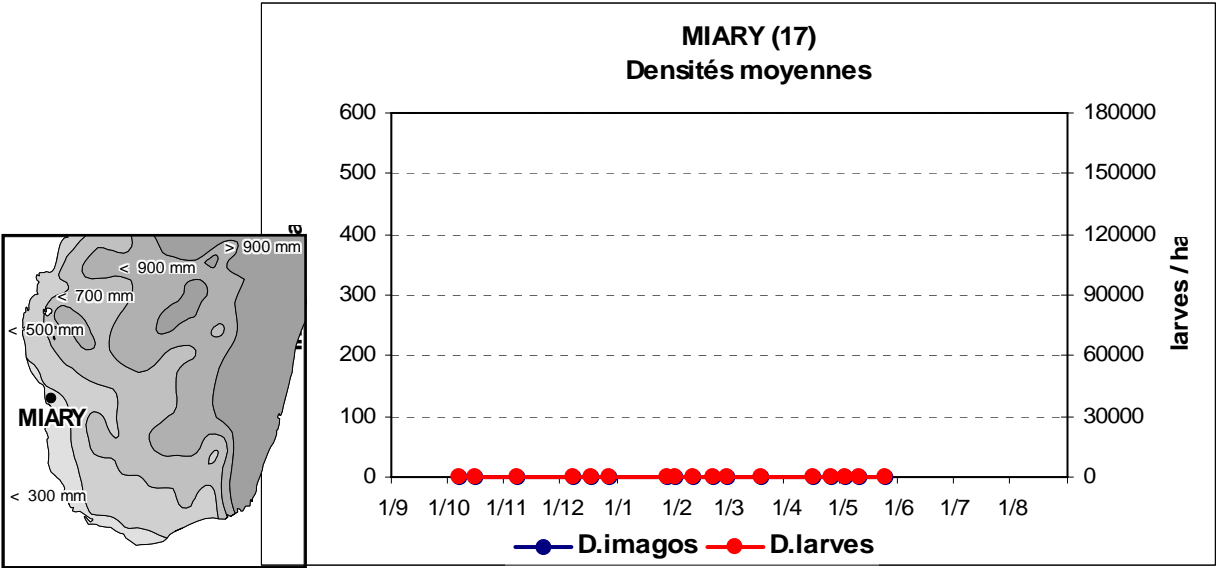
Taux de multiplication :

TE = 0

TL = 0

TR = 0

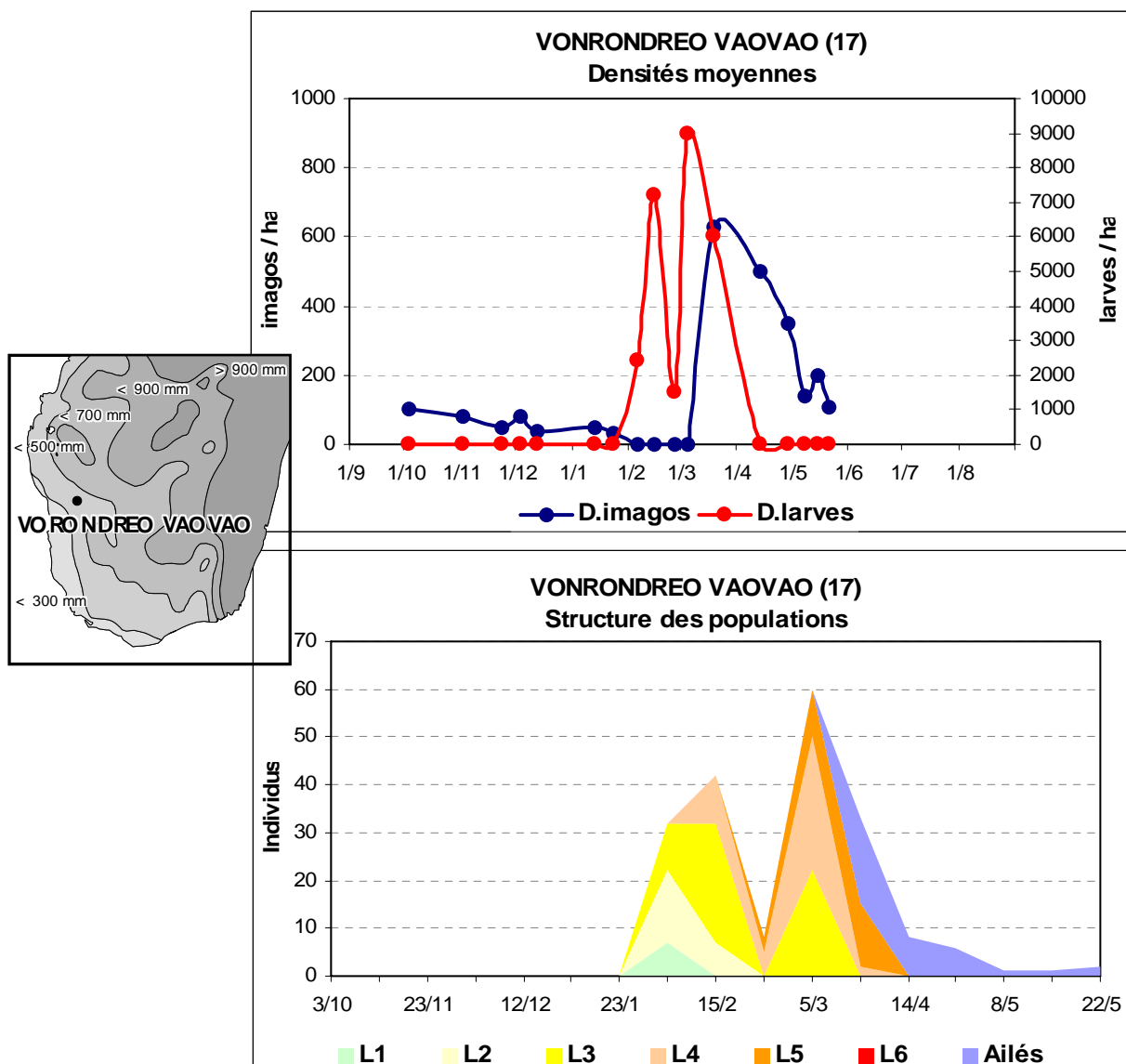
Miary (Tuléar) 2005-2006



Observations :

Densité nulle. Aucun criquet nomade observé au cours de la saison 2005-2006.

Vorondreo Vaovao (Tuléar) 2005-2006



Observations :

La densité imaginale est faible en début de saison des pluies (100/ha le 3/10). Elle décroît régulièrement pour s'annuler fin janvier 2006. Pendant la saison des pluies, la densité de larves est assez importante, atteignant 9000/ha le 5/3. Les larves sont assez bien échantillonnées ; seuls les stades 6 passent inaperçus. Ces larves donnent naissance à des ailés dans le courant du mois de mars. La densité de jeunes ailés culmine à 630/ha le 19/3 pour décroître ensuite régulièrement ; elle n'est plus que de 110/ha le 22/5.

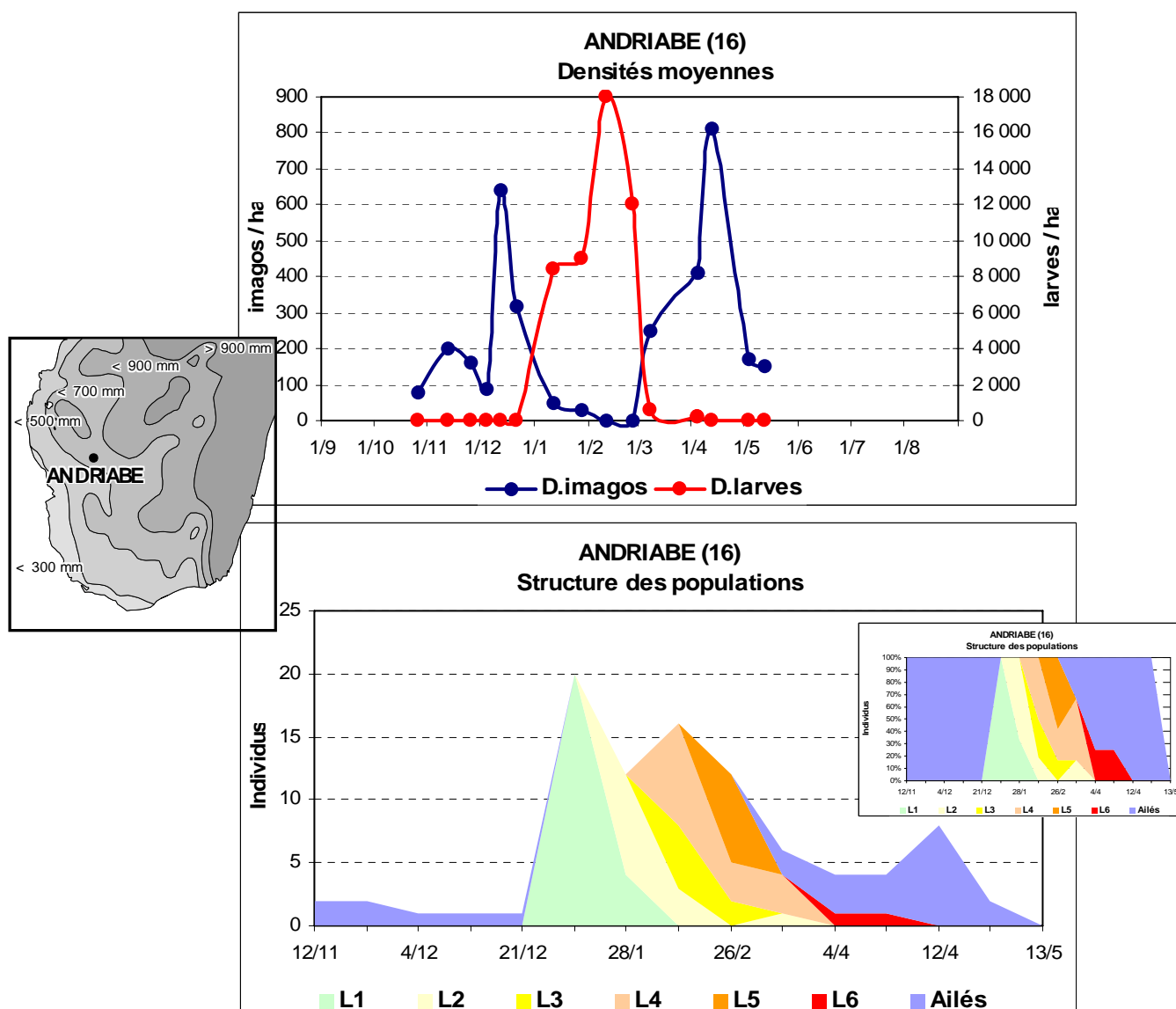
Densités maximales :

DI1 = 100/ha le 3/10
DL = 9000/ha le 5/3
DI2 = 630/ha le 19/3

Taux de multiplication :

TE = $9000/100 = 9,0$
TL = $630/9000 = 0,07$
TR = $630/100 = 6,3$

Andriabe (Sakaraha) 2005-2006



Observations :

La densité imaginale augmente en début de saison des pluies et culmine à 640/ha le 12/12. Le développement larvaire est très nettement marqué. La succession des stades L1 à L6 est très bien suivie. La densité de larve maximale est de 18000/ha le 11/2. Les jeunes ailés apparaissent en mars et leur densité atteint 810/ha le 12 avril. A partir du mois de mai la densité chute d'une manière importante.

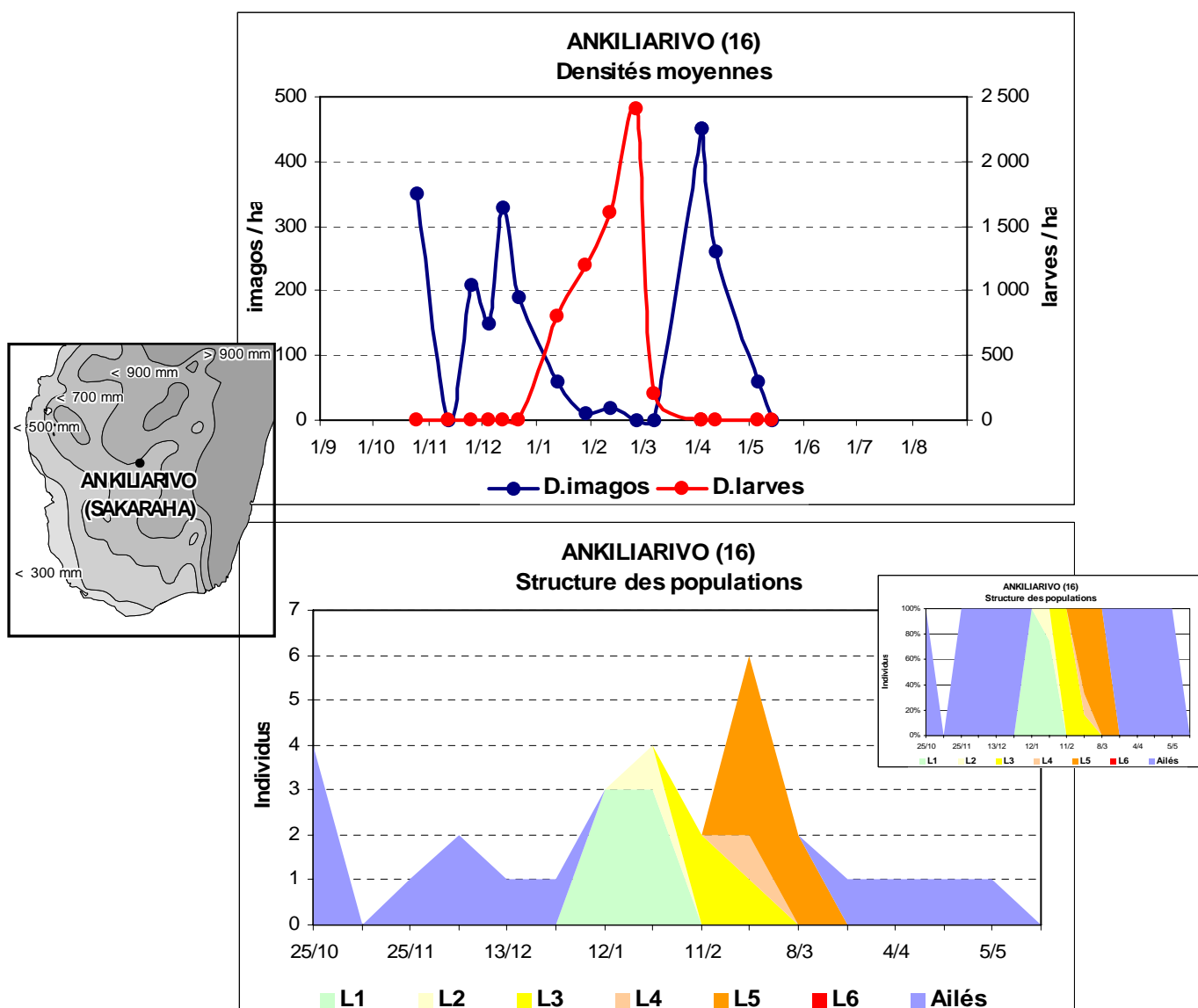
Densités maximales :

DI1 = 640/ha le 12/12
DL = 18000/ha le 11/2
DI2 = 810/ha le 12/4

Taux de multiplication :

TE = $18000/640 = 28,13$
TL = $810/18000 = 0,05$
TR = $810/640 = 1,27$

Ankiliarivo (Sakaraha) 2005-2006



Observations :

La densité imaginale de début de saison des pluies culmine à 350/ha le 25/10 et 330/ha le 13/12. Les larves sont assez abondantes (2400/ha le 26/2) et les ailés résultants atteignent 450/ha le 4/4. Dès le début du mois de mai la densité imaginale s'annule.

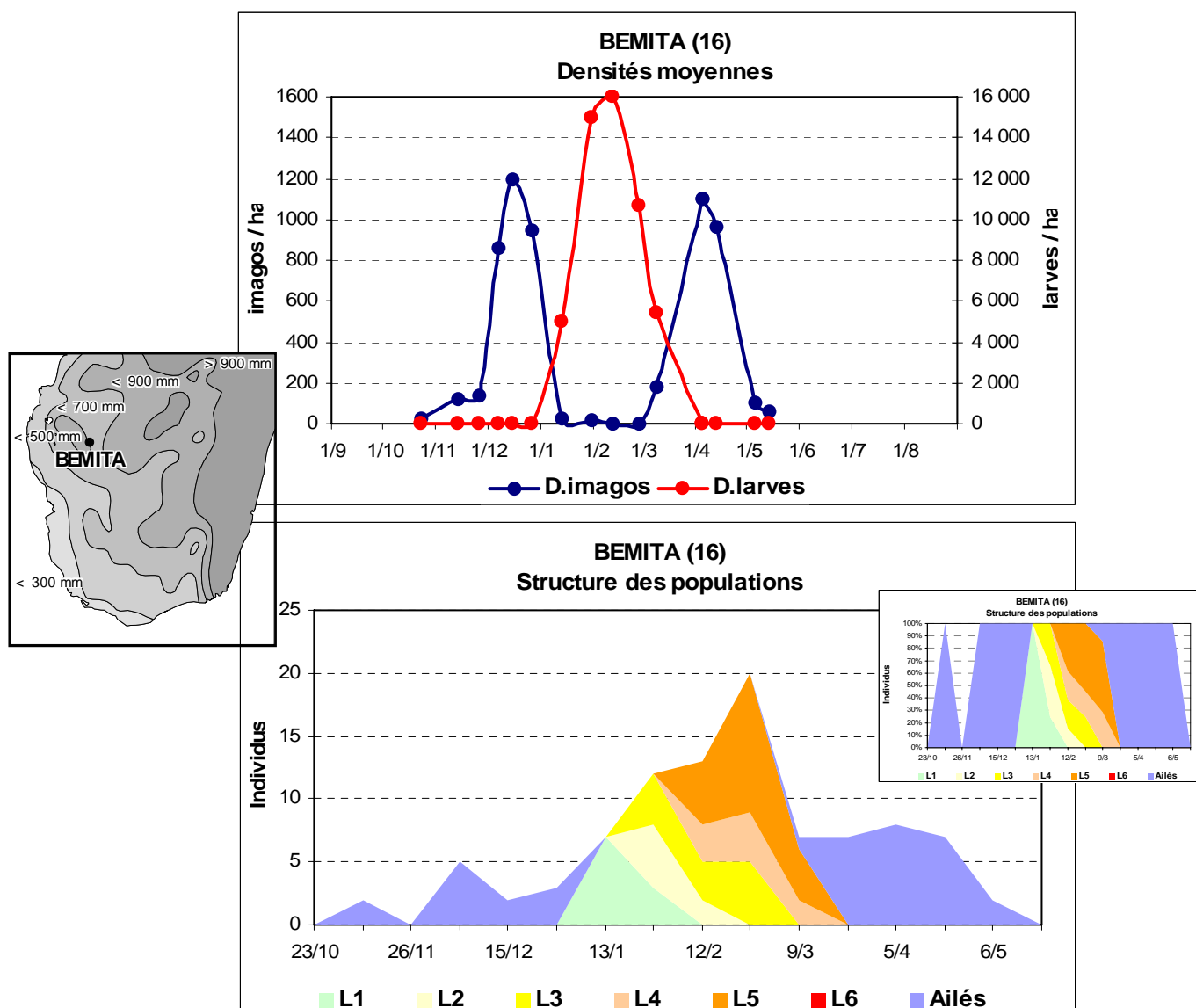
Densités maximales :

DI1 = 350/ha le 25/10
DL = 2400/ha le 26/2
DI2 = 450/ha le 4/4

Taux de multiplication :

TE = $2400/350 = 6,86$
TL = $450/2400 = 0,19$
TR = $450/350 = 1,29$

Bemita (Sakaraha) 2005-2006



Observations :

La densité imaginale, nulle en saison sèche, s'accroît soudainement en début de saison des pluies avec l'arrivée d'une population allochtone. Cette densité atteint 1200/ha le 15/12/2005. Les ailés doivent pondre sur place puis disparaître rapidement dès le début du mois de janvier 2006. En pleine saison des pluies les larves sont abondantes : 16000/ha le 12/2. Le développement larvaire est bien suivi (seules les larves L6 passent inaperçues... ou sont confondues avec des stades 5). Les jeunes ailés apparaissent début avril avec une densité de 1100/ha. Ils émigrent rapidement et dès le début du mois de mai les densités imaginale deviennent voisines de zéro. On a là un cycle typique d'une station de reproduction de saison des pluies.

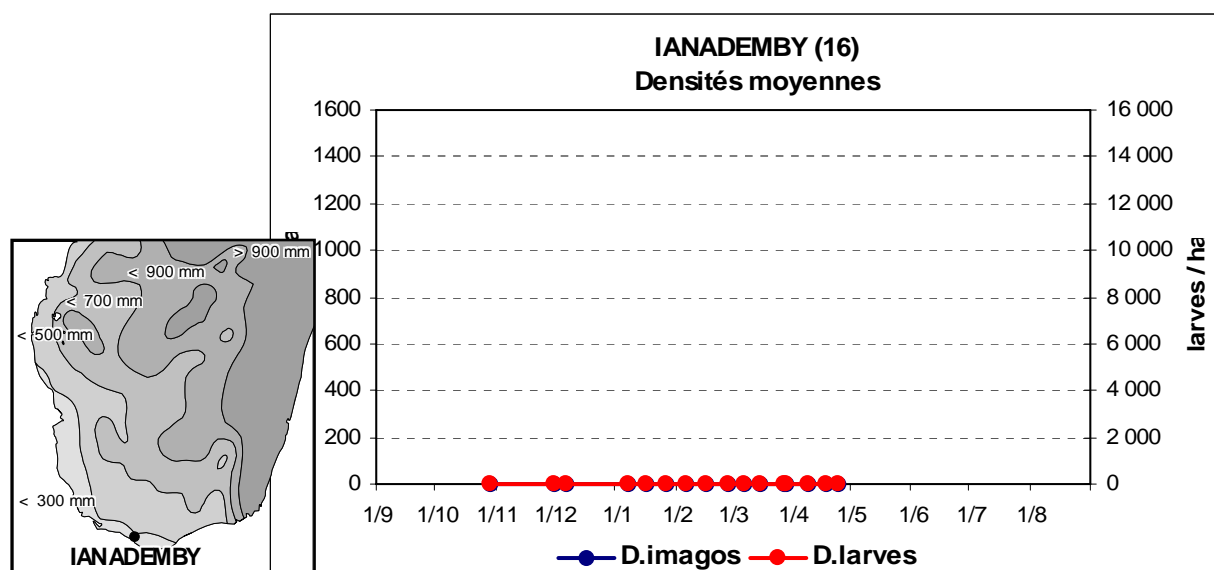
Densités maximales :

DI1 = 1200/ha le 15/12
DL = 16000/ha le 12/2
DI2 = 1100/ha le 5/4

Taux de multiplication :

TE = $16000/1200 = 13,33$
TL = $1100/16000 = 0,07$
TR = $1100/1200 = 0,92$

Ianademby (Beloha) 2005-2006



Observations :

Densité nulle. Aucun criquet nomade n'est observé au cours de la saison 2005-2006.

Densités maximales :

DI1 = 0

DL = 0

DI2 = 0

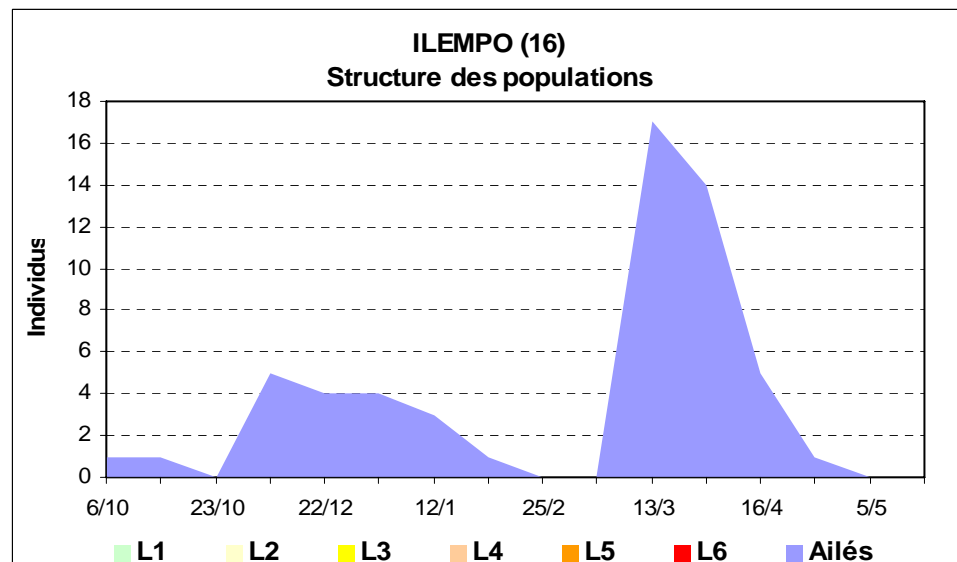
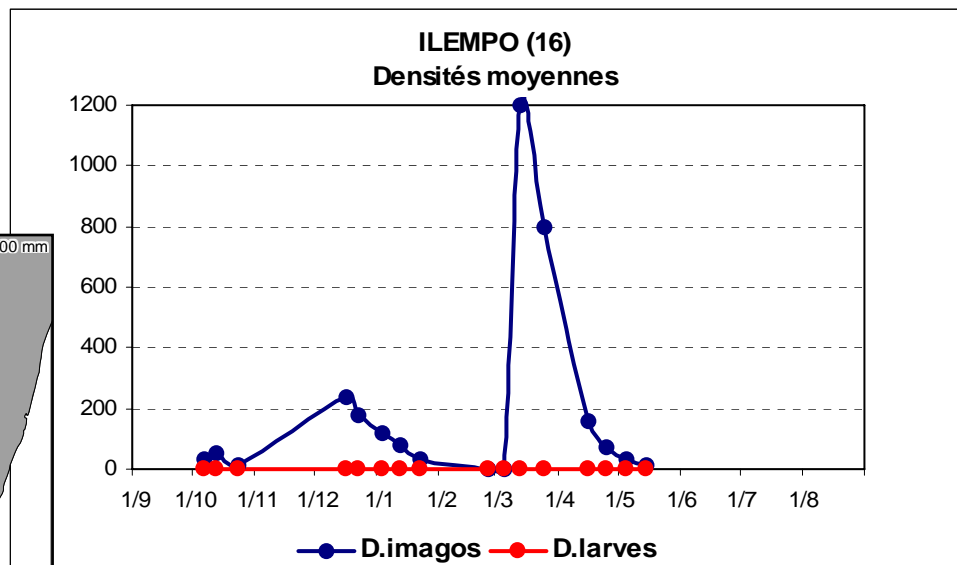
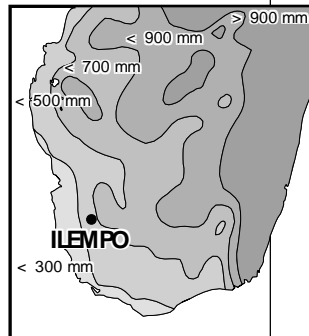
Taux de multiplication :

TE = 0

TL = 0

TR = 0

ILEMPO (Beahitse) 2005-2006



Observations :

On note deux pics de densité : en début de saison des pluies (250/ha le 18/12) et en fin de saison des pluies (500/ha le 6/3). Aucune larve n'est observée, ce qui est un peu surprenant au vu des densités imaginales tant de début que de fin de saison des pluies.

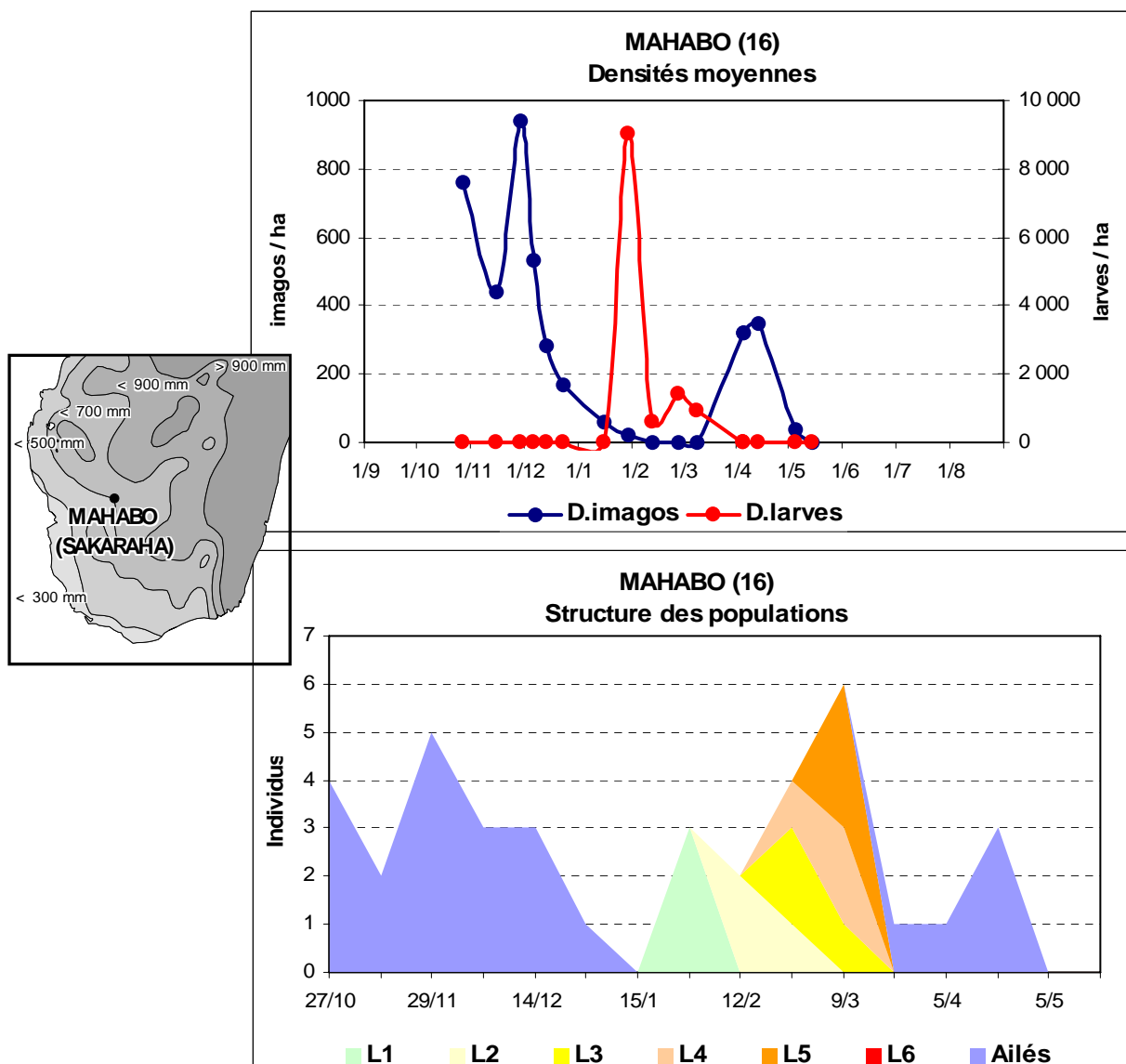
Densités maximales :

DI1 = 240/ha le 16/12
DL = 0
DI2 = 1200/ha le 13/3

Taux de multiplication :

TE = 0
TL = 0
TR = 0

Mahabo (Sakaraha) 2005-2006



Observations :

La densité imaginale culmine à 940/ha le 29/11. Elle décroît ensuite rapidement et s'annule fin janvier 2006. Le développement larvaire est bien marqué. Les jeunes ailés de la génération 2006 apparaissent début avril. Dès le début du mois de mai la population disparaît, sans doute par émigration.

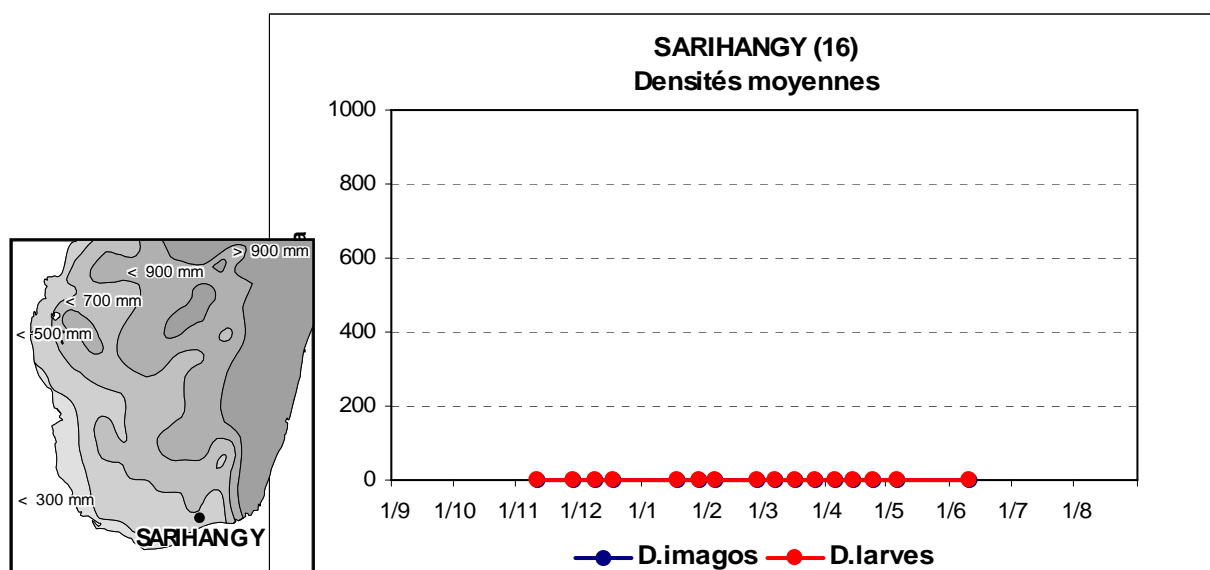
Densités maximales :

DI1 = 940/ha le 29/11
DL = 9000/ha le 29/1
DI2 = 350/ha le 13/4

Taux de multiplication :

TE = $9000/940 = 9,57$
TL = $350/9000 = 0,04$
TR = $350/940 = 0,37$

Sarihangy (Ambovombe) 2005-2006



Observations :

Aucun criquet nomade observé en 2005-2006 sur cette station.

Densités maximales :

DI1 = 0

DL = 0

DI2 = 0

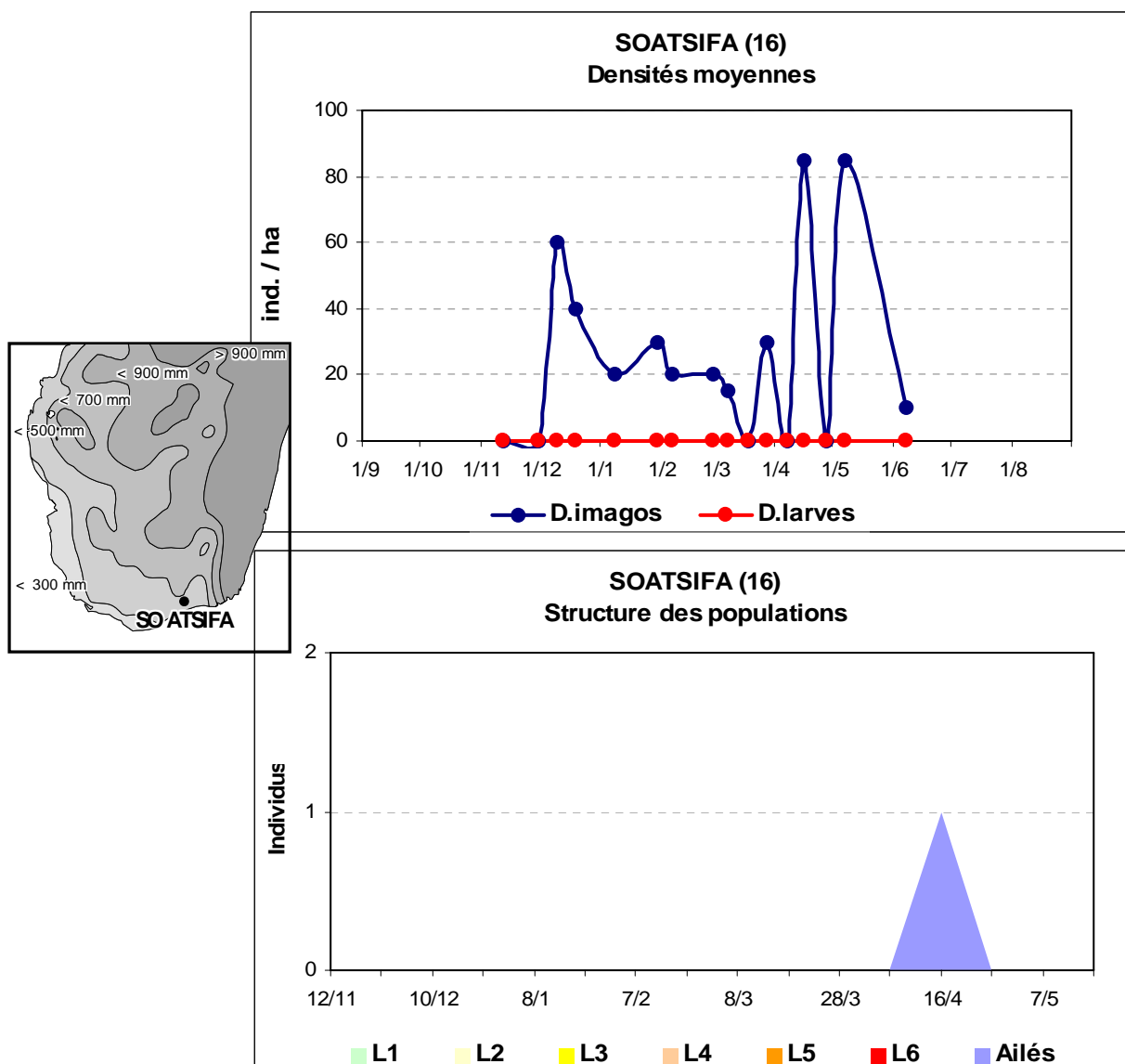
Taux de multiplication :

TE = 0

TL = 0

TR = 0

Soatsifa (Ambovombe) 2005-2006



Observations :

Nulle en fin de saison sèche, la densité imaginale reste faible tout au long de la saison. On note cependant deux légers maxima, l'un en début de saison des pluies, en décembre - correspondant à l'arrivée d'une vague d'immigrants - l'autre en fin de saison des pluies en avril. Absence totale de larves au cours de la saison des pluies. On notera la densité imaginale très variable d'une prospection à la suivante en début de saison sèche, phénomène caractéristique de passages successifs de populations migrantes. La station se vide en saison sèche à partir du mois de juin.

Densités maximales :

DI1 = 60/ha le 10/12

DL = 0

DI2 = 85/ha le 16/4

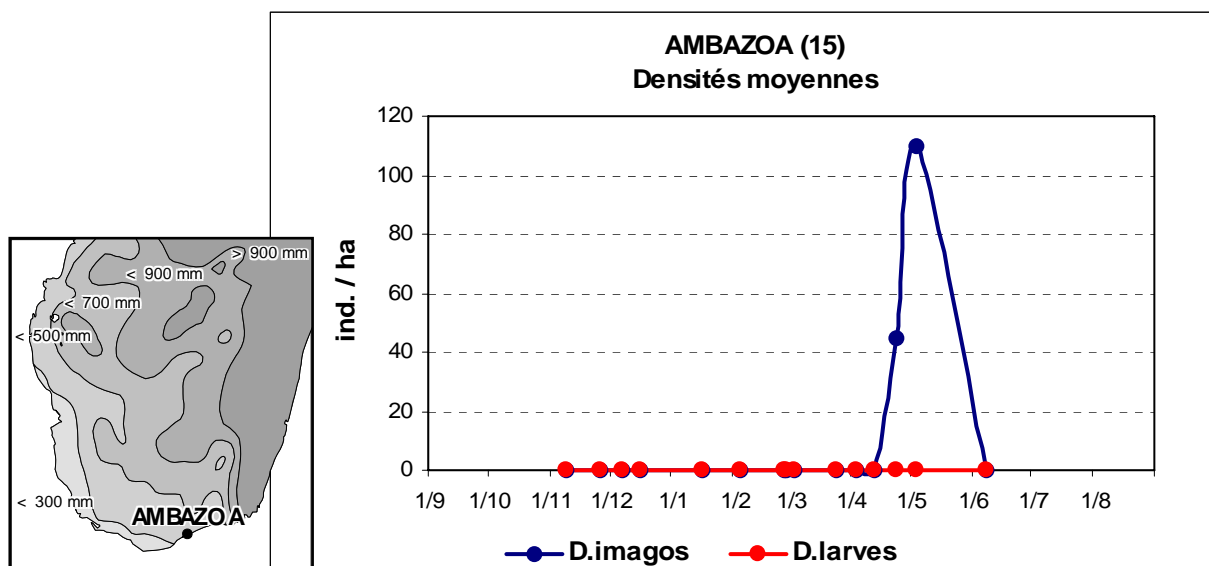
Taux de multiplication :

TE = 0

TL = 0

TR = 0

Ambazoa (Ambovombe) 2005-2006



Observations :

Le criquet nomade est absent de cette station de la fin de la saison sèche 2005 à la fin de la saison des pluies 2005-2006. Des ailés migrants sont observée fin avril/début mai (45/ha le 24/4 et 110/ha le 4/5). Cette population disparaît rapidement dès le début juin.

Densités maximales :

DI1 = 0

DL = 0

DI2 = 110/ha le 4/5

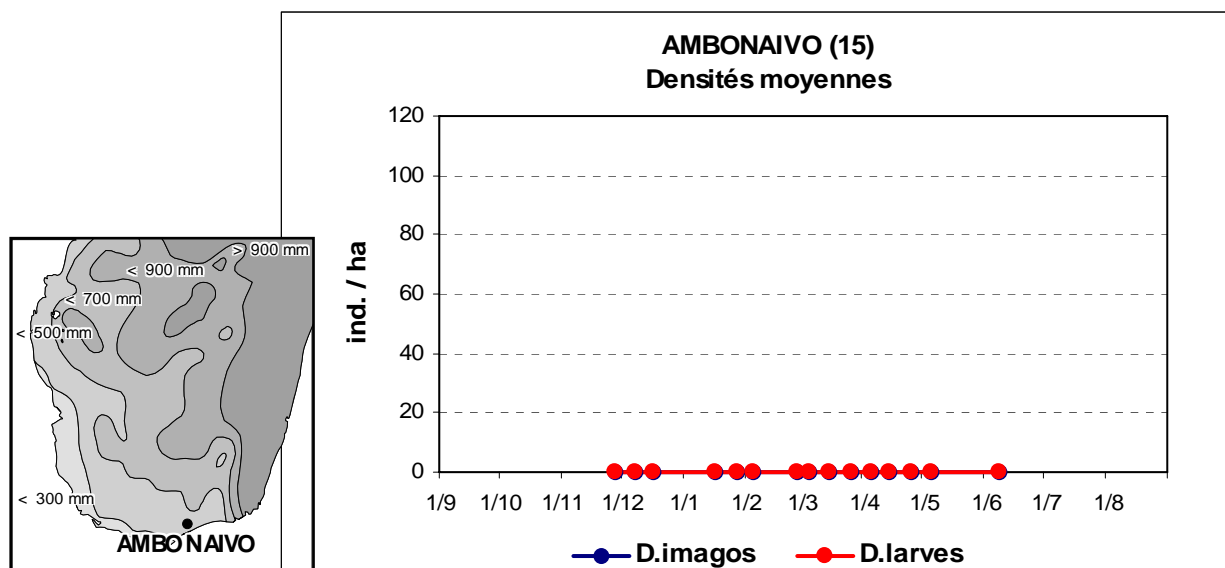
Taux de multiplication :

TE = 0

TL = 0

TR = 0

Ambonaivo (Ambovombe) 2005-2006

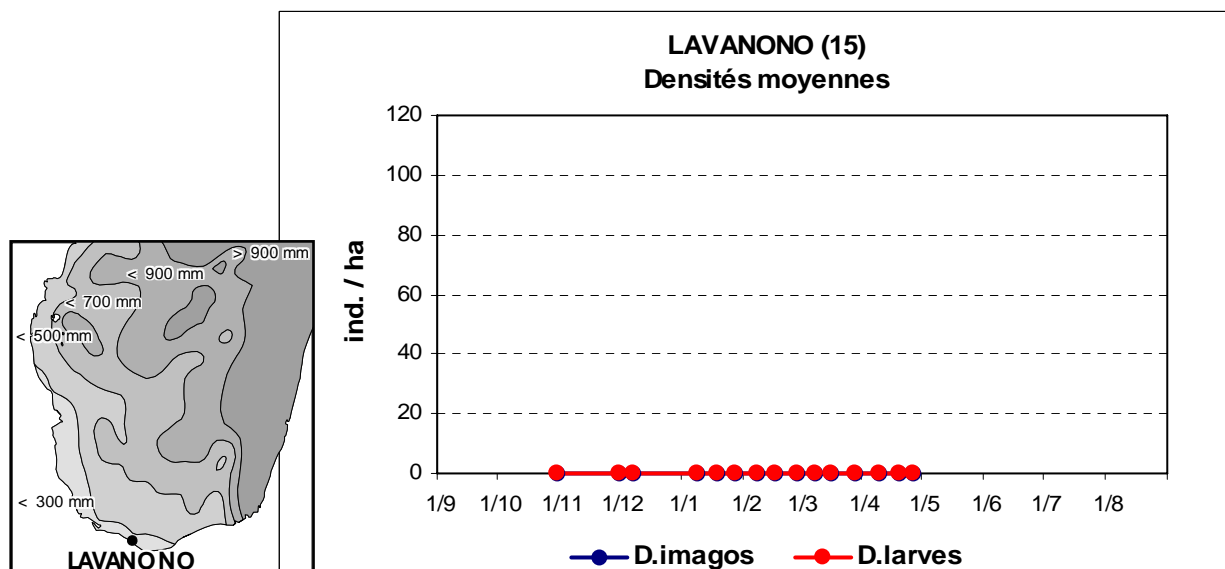


Observations :

Aucun criquet nomade observé en 2005-2006 sur cette station.

Taux de multiplication : TE = 0 TL = 0 TR = 0

Lavanono (Beloha) 2005-2006

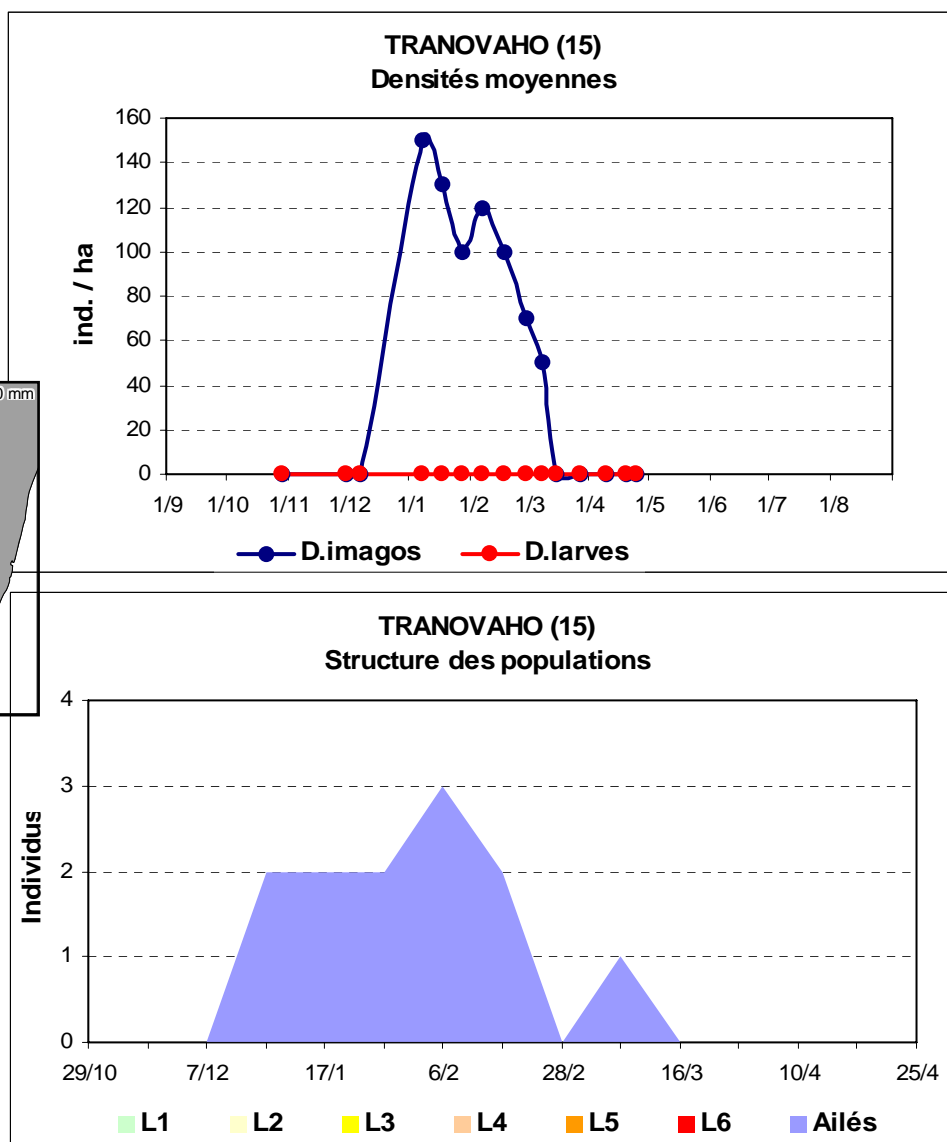
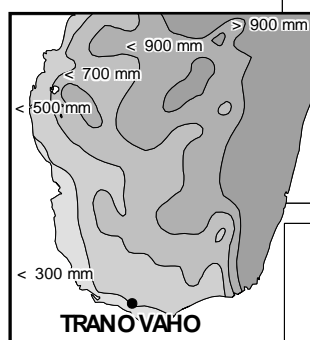


Observations :

Aucun criquet nomade observé en 2005-2006 sur cette station.

Taux de multiplication : TE = 0 TL = 0 TR = 0

Tranovao (Beloha) 2005-2006



Observations :

La densité de criquet nomade reste faible. On note une absence totale de larves et des ailés uniquement pendant la saison des pluies, du début janvier au début mars. Il s'agit vraisemblablement d'immigrants âgés en provenance de zones plus au nord mais ne trouvant pas sur place les conditions propices à la reproduction. Les imagos de la génération 2006 qui apparaissent vers la mi-mars dans les stations de reproduction situées plus au nord, ne sont pas observés ici.

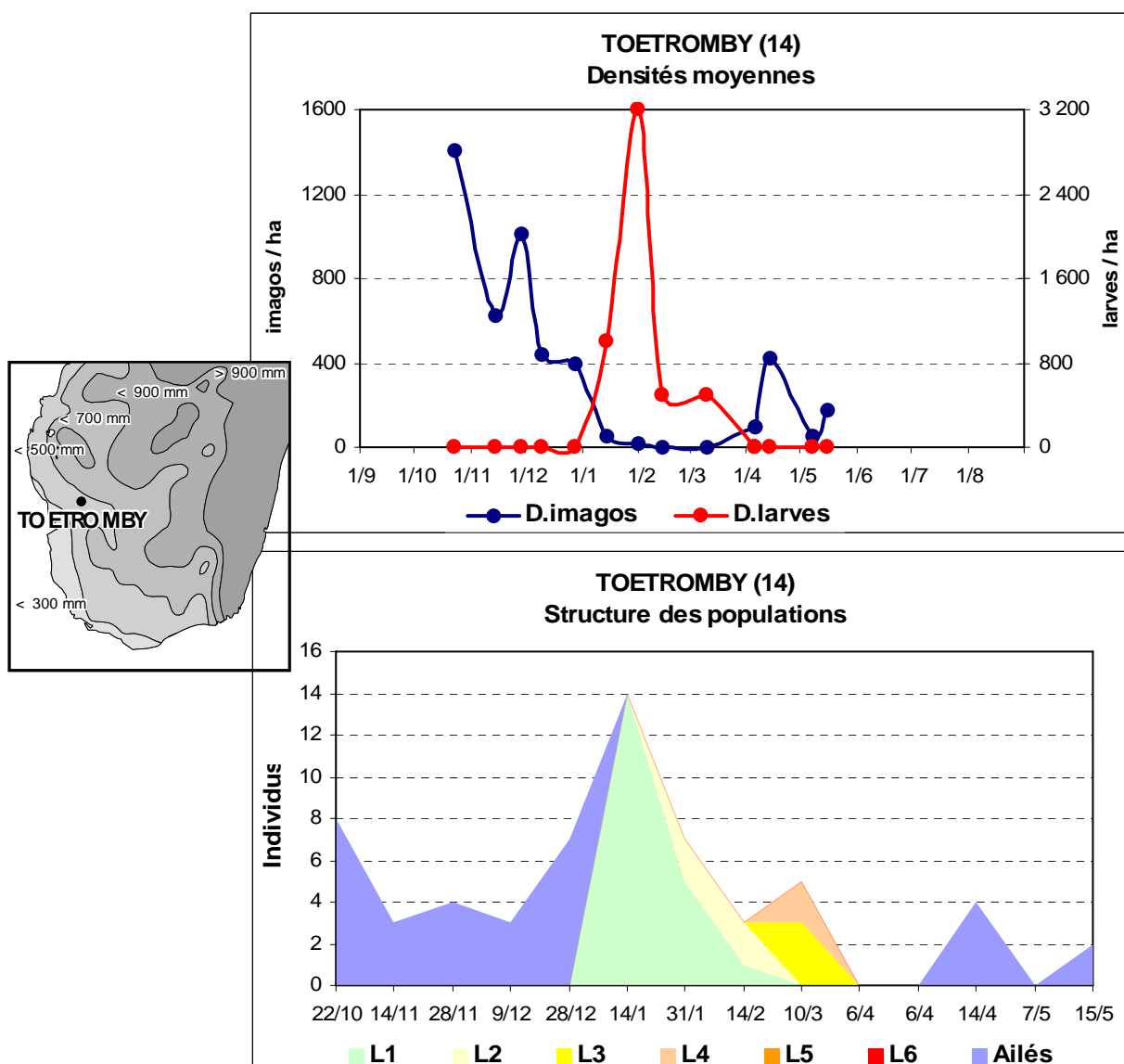
Densités maximales :

DI1 = 150/ha le 7/1
DL = 0
DI2 = 0

Taux de multiplication :

TE = 0
TL = 0
TR = 0

Toetromby (Sakaraha) 2005-2006



Observations :

La densité imaginale culmine à 1410/ha le 22 octobre en fin de saison sèche. Les imagos disparaissent en janvier où ils sont remplacés par des larves de la nouvelle génération (1000 L1/ha dès le 14/1 ; 3200 L1-L2/ha le 29/1). La densité larvaire décroît ensuite jusqu'au début avril, date à laquelle apparaissent les jeunes ailés de la génération 2006 (420/ha le 14/4).

Densités maximales :

DI1 = 1410/ha le 22/10

DL = 3200/ha le 31/1

DI2 = 420/ha le 14/4

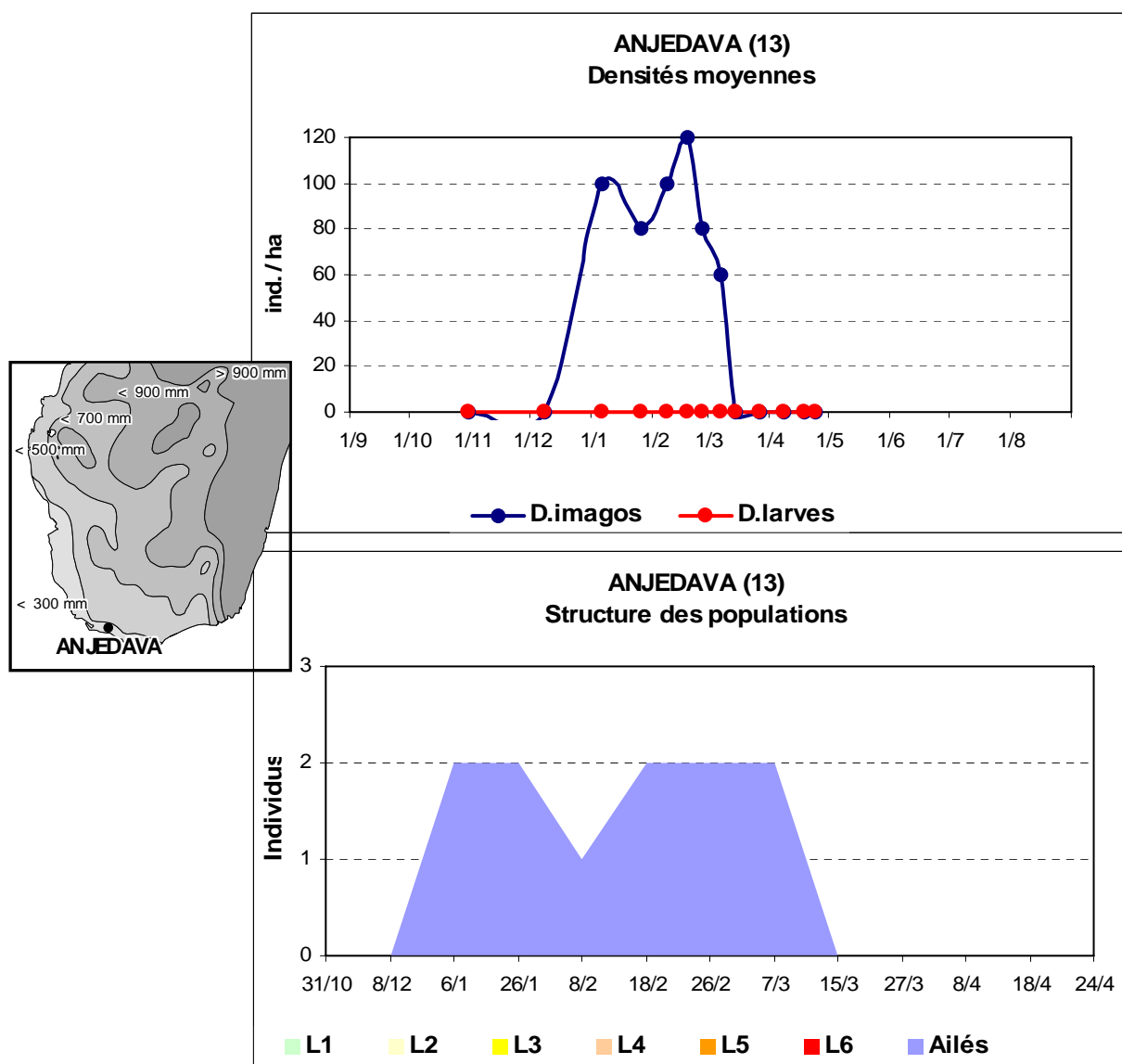
Taux de multiplication :

TE = $3200/1410 = 2,27$

TL = $420/3200 = 0,13$

TR = $420/1410 = 0,30$

Anjedava (Beloha) 2005-2006



Observations :

La densité de criquet nomade reste faible. On note une absence totale de larves et des ailés uniquement pendant la saison des pluies, du début janvier au début mars. Il s'agit vraisemblablement d'immigrants âgés en provenance de zones plus au nord mais ne trouvant pas sur place les conditions propices à la reproduction. Les imagos de la génération 2006 qui apparaissent vers la mi-mars dans les stations de reproduction situées plus au nord, ne sont pas observés ici.

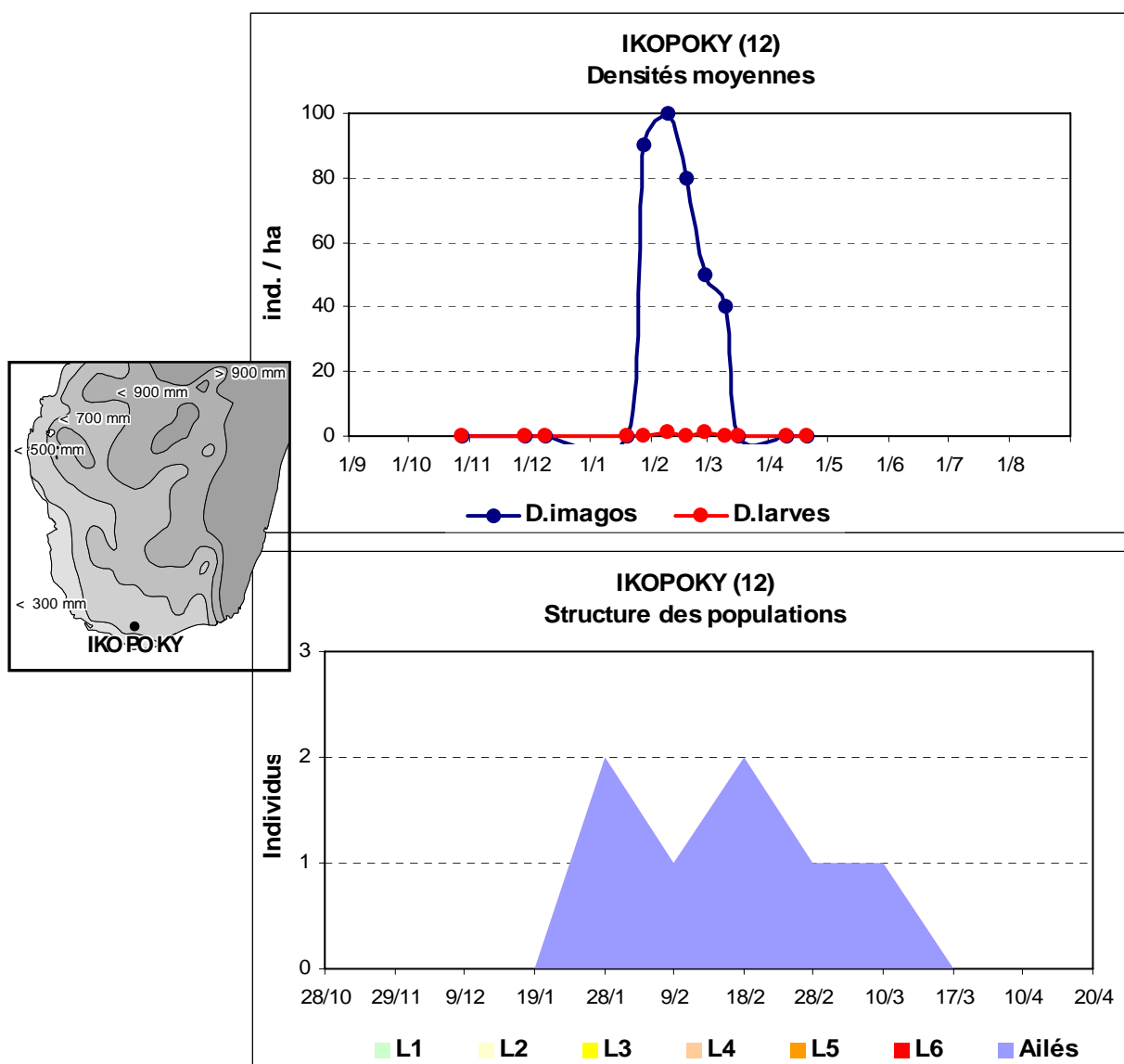
Densités maximales :

DI1 = 120/ha le 18/2
DL = 0
DI2 = 0

Taux de multiplication :

TE = 0
TL = 0
TR = 0

Ikopoky (Beloha) 2005-2006



Observations :

La densité de criquet nomade reste faible. On note une absence totale de larves et des ailés uniquement pendant la saison des pluies, du 28 janvier au 10 mars. Il ne peut s'agir que d'immigrants âgés en provenance de zones plus au nord mais ne trouvant pas sur place les conditions propices à la reproduction. Les imagos de la génération 2006 qui apparaissent vers la mi-mars dans les stations de reproduction situées plus au nord, ne sont pas observés ici.

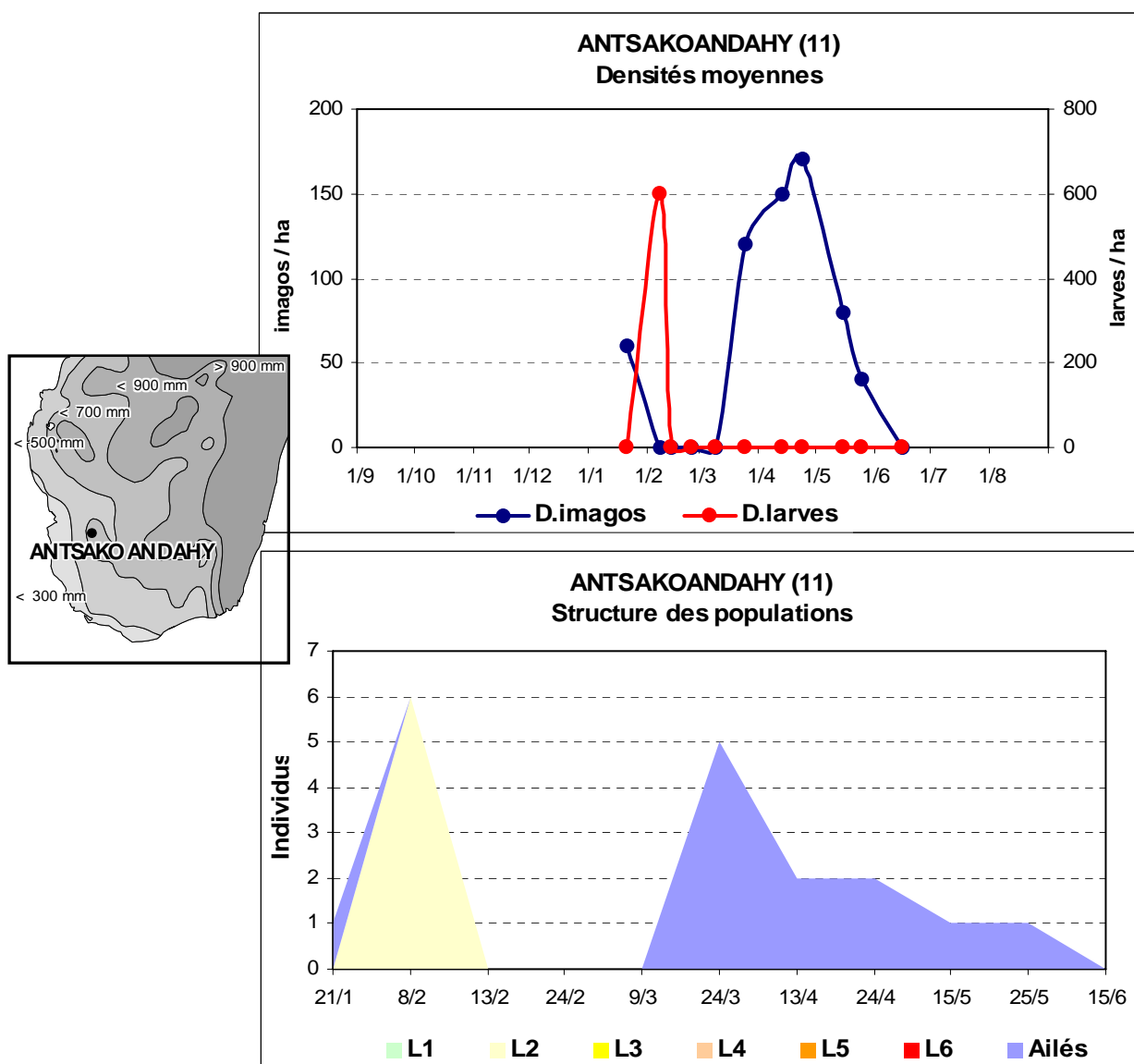
Densités maximales :

DI1 = 100/ha le 9/2
DL = 0
DI2 = 0

Taux de multiplication :

TE = 0
TL = 0
TR = 0

Antsakoandahy (Betioky-Sud) 2005-2006



Observations :

Les observations sur cette station n'ont commencé qu'en cours de saison des pluies, le 21 janvier 2006. On observe la disparition des imagos de la génération parentale (60/ha le 21/1), puis le début du développement larvaire avec 600 larves par hectare le 8/2 (6L2 collectés). La suite du développement larvaire est sans doute passée inaperçue (ou les observations n'ont pas été faites). Quoi qu'il en soit, les ailés de la génération fille apparaissent dès le 24/3 et sont très certainement autochtones. La densité culmine à 170 ailés / ha le 25 avril. Elle décroît ensuite rapidement et s'annule en juin.

Densités maximales :

DI1 = ?

DL = 600/ha le 8/2

DI2 = 170/ha le 24/4

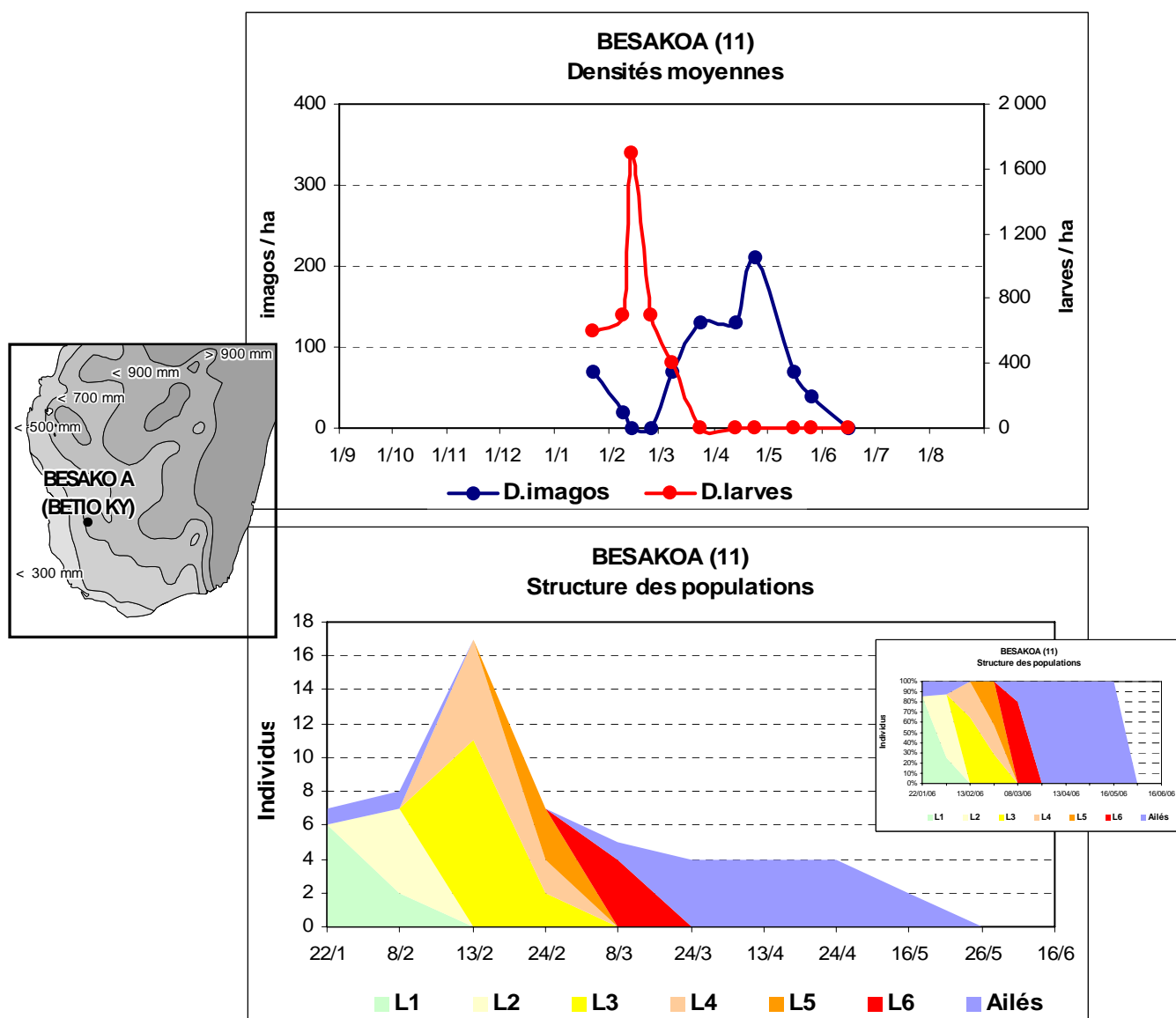
Taux de multiplication :

TE = ?

TL = $170/600 = 0,28$

TR = ?

Besakoa (Betioky-Sud) 2005-2006



Observations :

Les observations sur cette station n'ont commencé qu'en cours de saison des pluies, le 22 janvier 2006. On observe la disparition des imagos de la génération parentale (70/ha le 22/1), puis le début du développement larvaire avec 600 larves par hectare le 22/1 (6L1 collectés). La suite du développement larvaire est bien observée, avec une succession logique des stades L1 à L6. La densité larvaire est maximale le 13/2 (1700/ha). Les ailés de la génération fille apparaissent dès le 8/3. La densité culmine à 210 ailés / ha le 24 avril. Elle décroît ensuite rapidement et s'annule en juin.

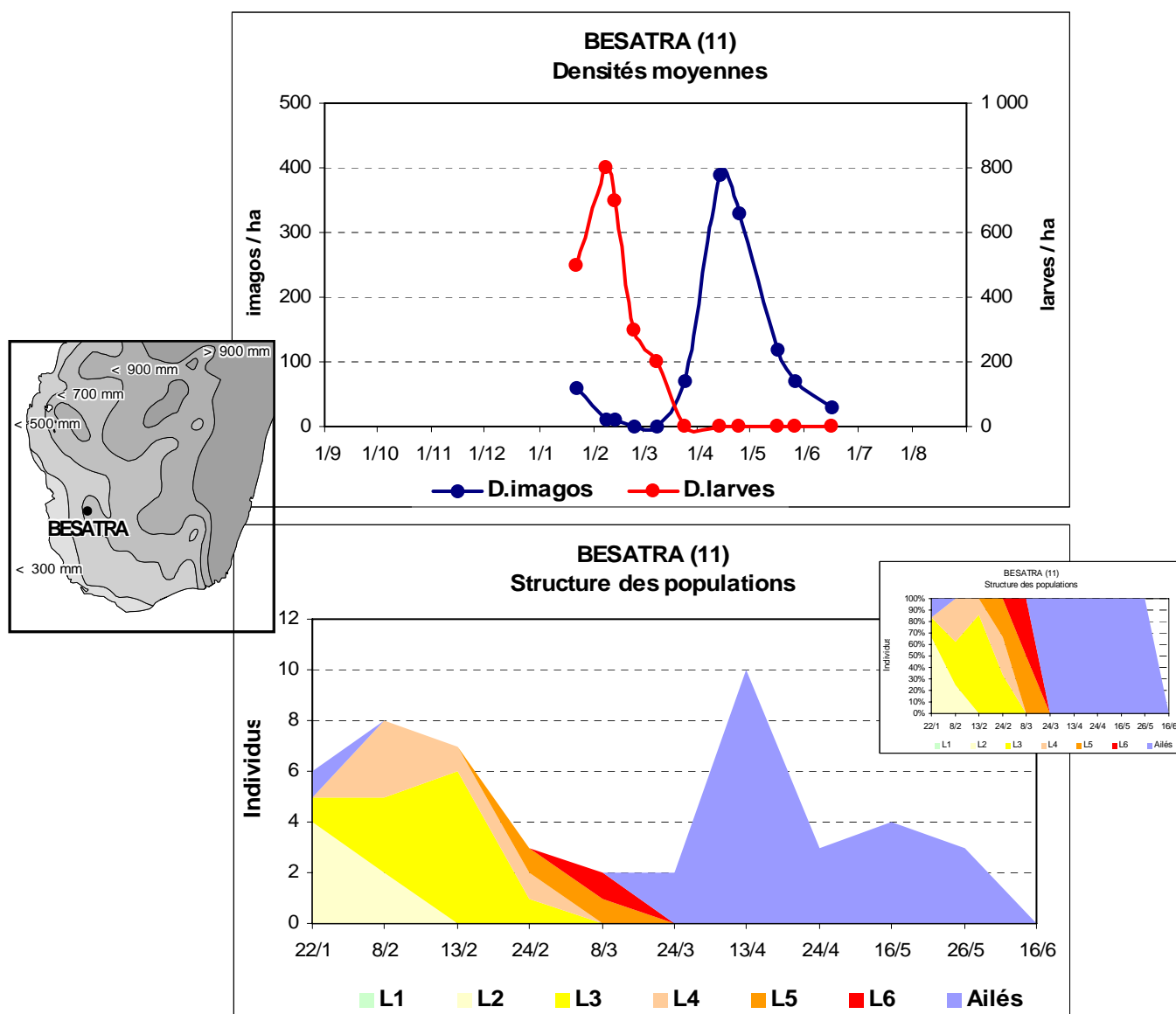
Densités maximales :

DI1 = ?
DL = 1700/ha le 13/2
DI2 = 210/ha le 24/4

Taux de multiplication :

TE = ?
TL = $210/1700 = 0,12$
TR = ?

Besatra (Betioky-Sud) 2005-2006



Observations :

Les observations sur cette station n'ont commencé qu'en cours de saison des pluies, le 22 janvier 2006. On observe la disparition des imagos de la génération parentale (60/ha le 22/1), puis le début du développement larvaire avec 500 larves par hectare le 22/1 (4L2, 1L3 collectés). La suite du développement larvaire est bien observée, avec une succession logique des stades jusqu'au 6ème. La densité larvaire est maximale le 8/2 (800/ha). Les ailés de la génération fille apparaissent dès le 24/3. La densité culmine à 390 ailés / ha le 13 avril. Elle décroît ensuite rapidement et devient presque nulle en juin.

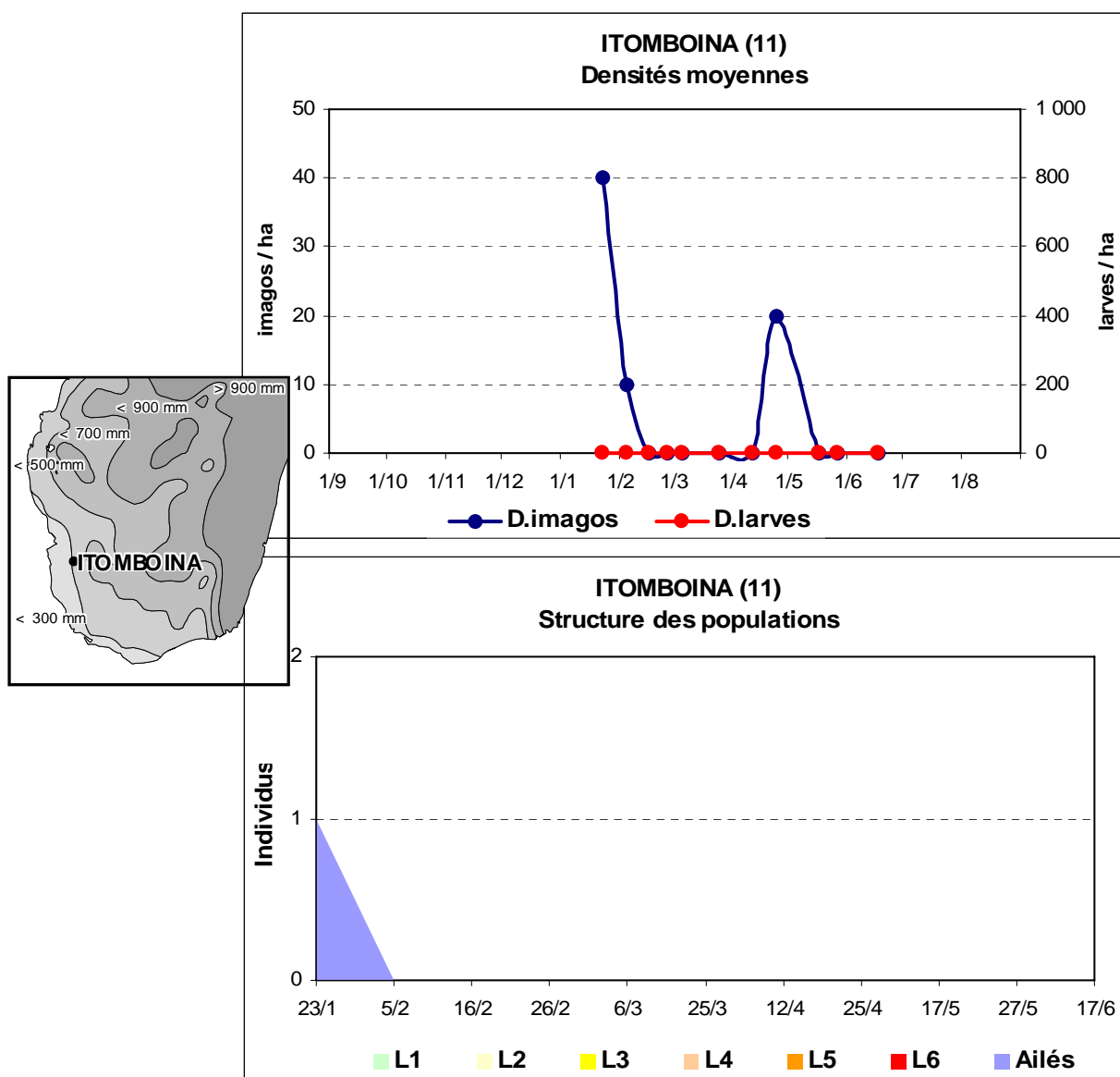
Densités maximales :

D11 = ?
DL = 800/ha le 8/2
DI2 = 390/ha le 13/4

Taux de multiplication :

TE = ?
TL = $390/800 = 0,49$
TR = ?

Itomboina (Betioky-Sud) 2005-2006



Observations :

Les observations sur cette station n'ont commencé qu'en cours de saison des pluies, le 23 janvier 2006. On observe la disparition des imagos de la génération parentale (40/ha le 23/1, 10/ha le 5/2 et 0/ha le 16/2). Aucune larve n'est observée en saison des pluies. On note uniquement le passage de quelques ailés allochtones de la nouvelle génération le 25/4 (densité très faible : 20/ha seulement). Aucun autre imago n'est observé en saison sèche.

Densités maximales :

DI1 = ?

DL = 0

DI2 = 20/ha le 25/4

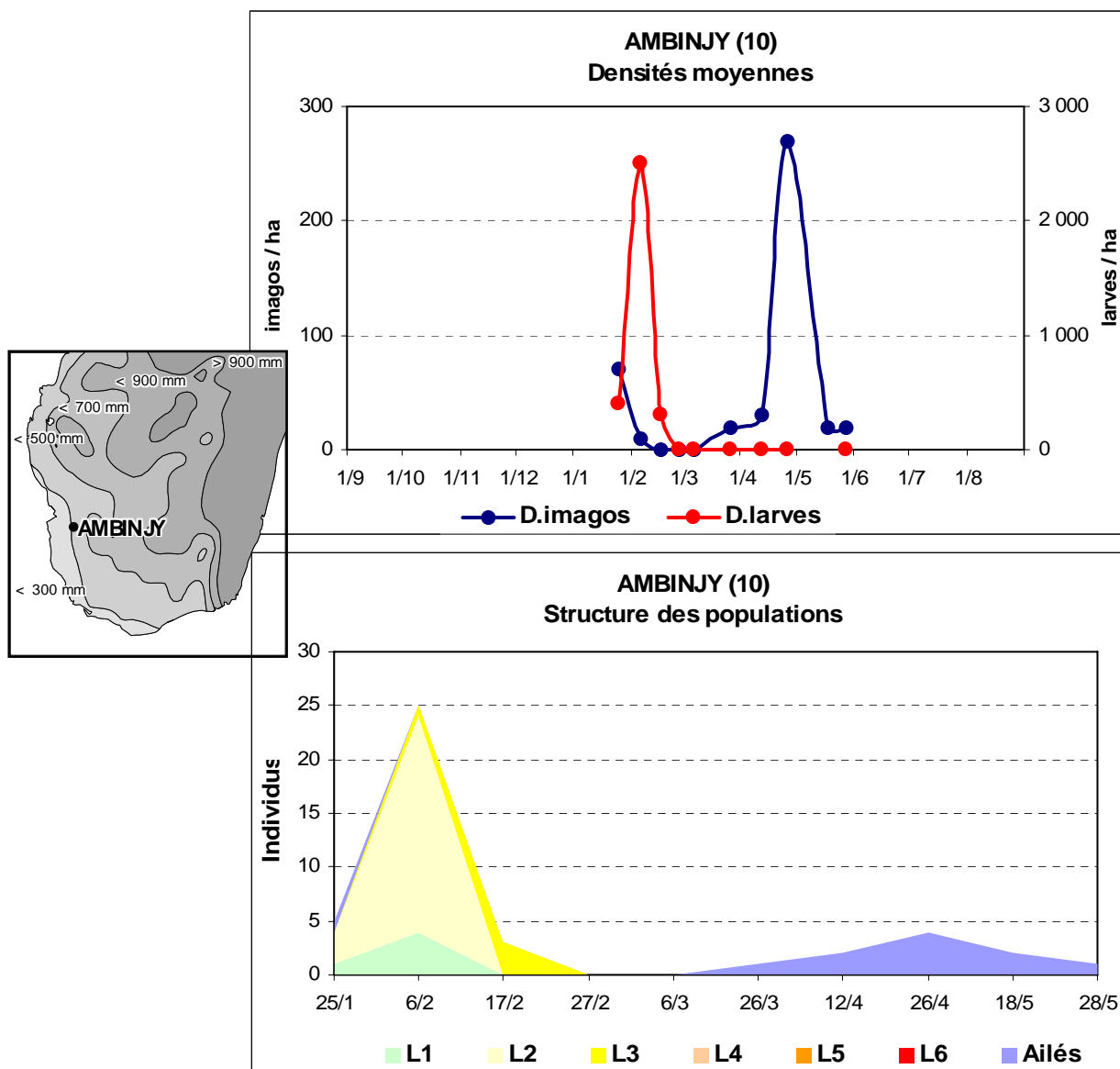
Taux de multiplication :

TE = ?

TL = 0

TR = ?

Ambinjay (Betioky-Sud) 2005-2006



Observations :

Les observations sur cette station n'ont commencé qu'en cours de saison des pluies, le 25 janvier 2006. On observe la disparition des imagoes de la génération parentale (70/ha le 25/1, 10/ha le 6/2 et 0/ha le 16/2). Des larves sont observées en densité assez forte (2500/ha le 6/2). Les derniers stades larvaires (L4 à L6) ne sont pas observés, ce qui peut être le signe d'une mortalité larvaire importante. Des imagoes de la nouvelle génération sont notés en faible densité le 26/3 (20/ha) et sont sans doute autochtones. La densité maximale de jeunes imagoes est observée le 26 avril (270/ha) mais correspond sans doute à un passage de migrants. A partir de fin mai la densité devient voisine de zéro.

Densités maximales :

DI1 = ?

DL = 2500/ha le 6/2

DI2 = 270/ha le 26/4

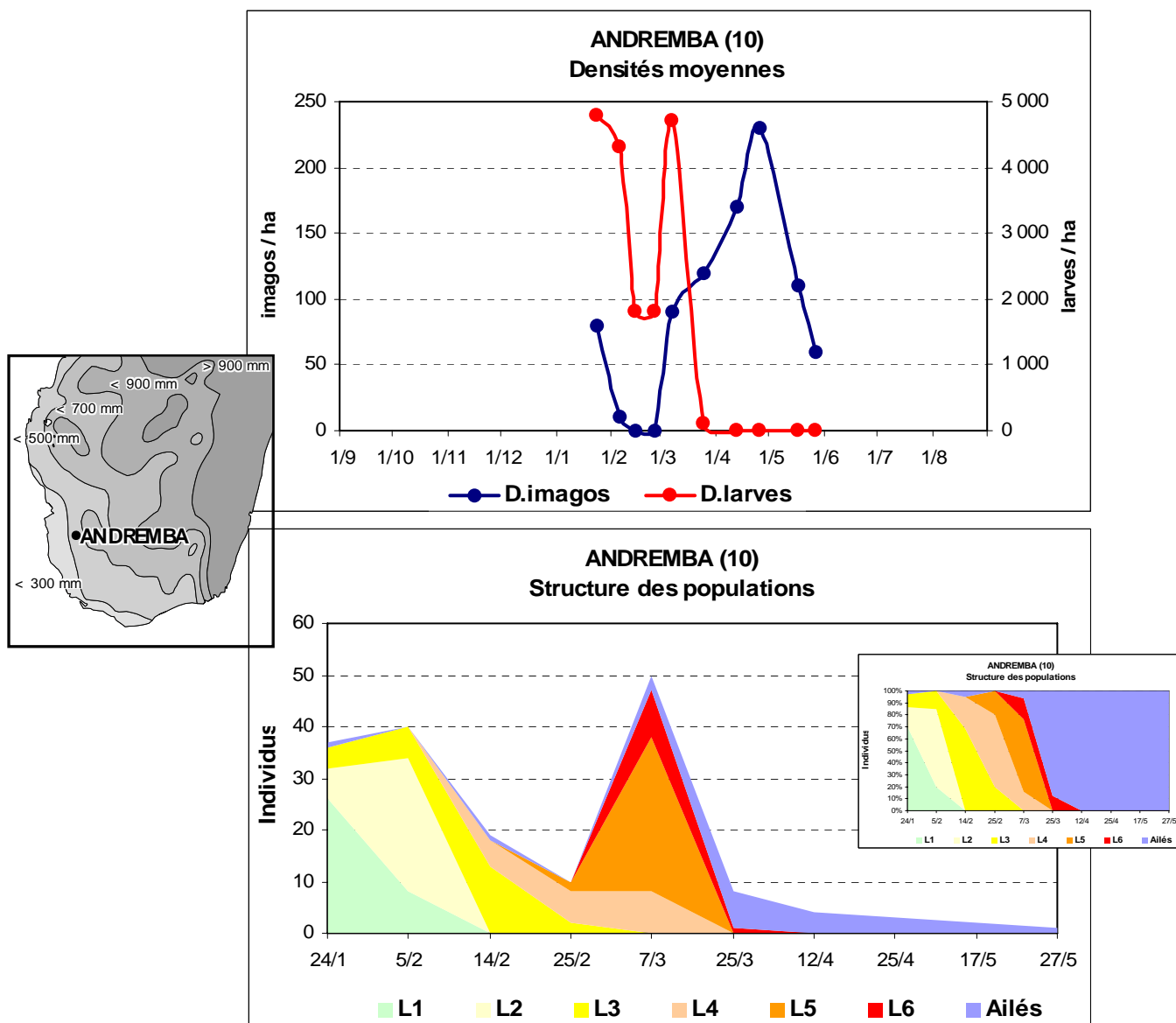
Taux de multiplication :

TE = ?

TL = $270/2500 = 0,11$

TR = ?

Andremba (Betioky-Sud) 2005-2006



Observations :

Les observations sur cette station n'ont commencé qu'en cours de saison des pluies, le 24 janvier 2006. On observe la disparition des imagos de la génération parentale (80/ha le 24/1, 10/ha le 5/2 et 0/ha le 14/2). Des larves sont observées en densité assez forte (4800/ha le 24/1). Tous les stades larvaires étaient représentés, du L1 au L6 et la structure de population est très cohérente. Les imagos de la nouvelle génération sont notés à partir du 7/3 (90/ha). La densité maximale de jeunes imagos est observée le 25 avril (230/ha). En mai, la densité imaginale décroît fortement.

Densités maximales :

DI1 = ?

DL = 4800/ha le 24/1

DI2 = 230/ha le 5/3

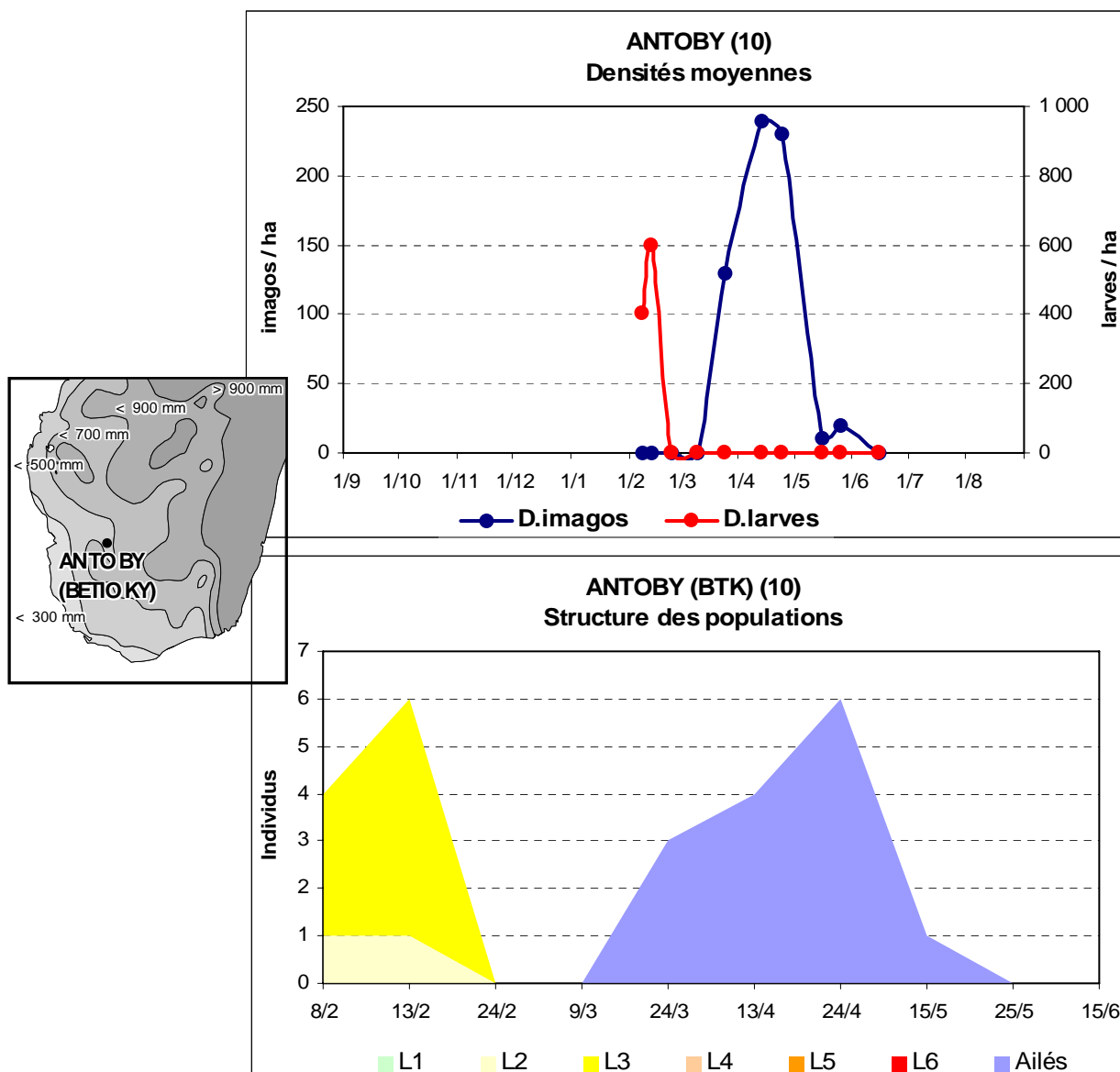
Taux de multiplication :

TE = ?

TL = $230/4800 = 0,05$

TR = ?

Antoby (Betioky-Sud) 2005-2006



Observations :

Les observations sur cette station n'ont commencé tardivement qu'en cours de saison des pluies, le 8 février 2006. Au début des observations les imagos de la génération parentale ont déjà disparu et des larves de stades 2 et 3 sont observées. La densité de larves est maximale le 13/2 (600/ha). La suite du développement larvaire n'est pas observée (mortalité forte ou observations non faites ? les deux prospections des 24/2 et 9/3 rapportent des densités de larves nulles mais il est également possible que les observations n'aient pas été réalisées ou que les larves soient passées inaperçues). Les imagos de la génération 2006 sont notés dès le 24/3. La densité est maximale le 13/4 (240/ha). La population imaginale disparaît en saison sèche dès la fin du mois de mai.

Densités maximales :

DI1 = ?

DL = 600/ha le 13/2

DI2 = 240/ha le 13/4

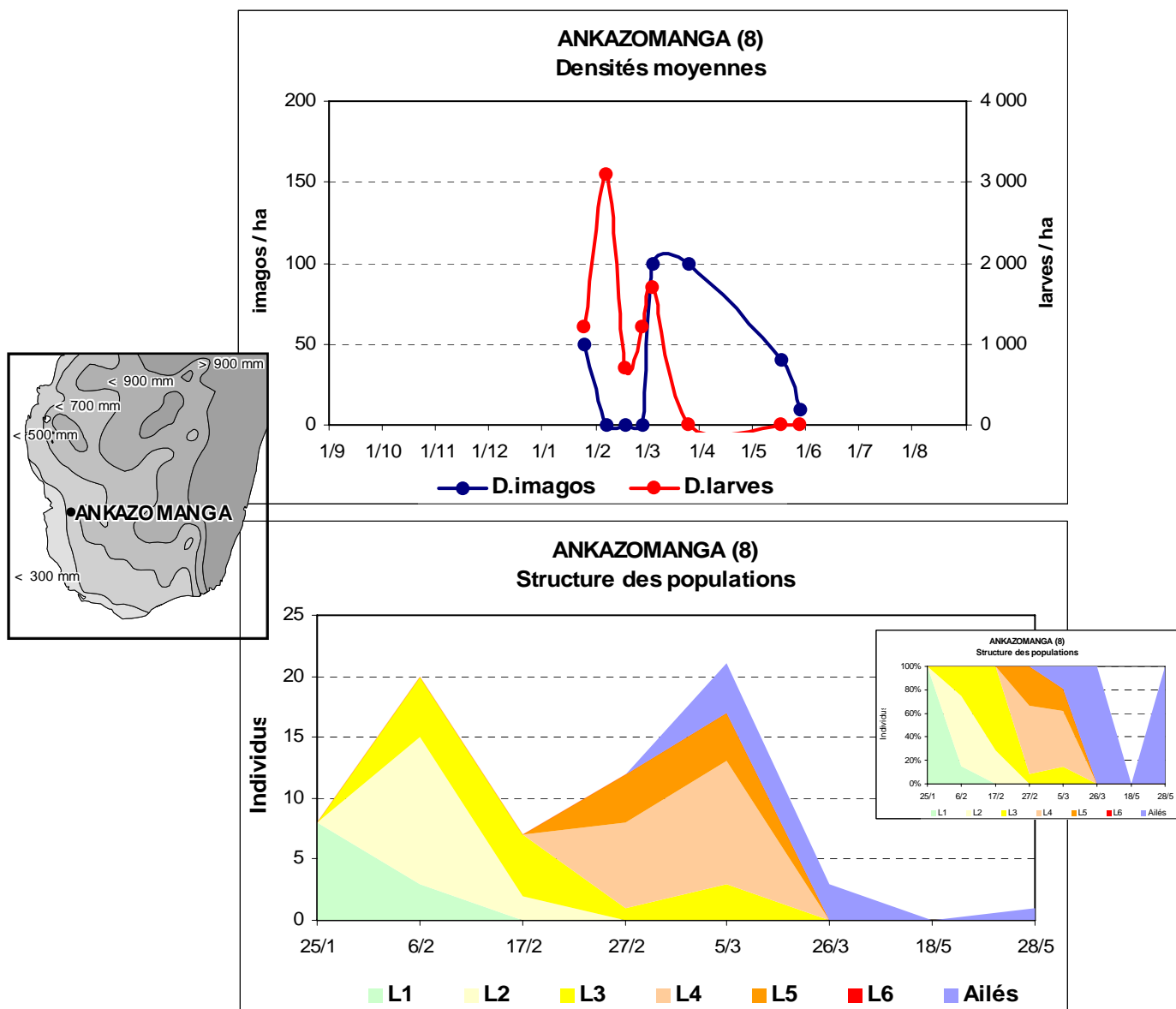
Taux de multiplication :

TE = ?

TL = $240/600 = 0,40$ (mais incertitude sur le caractère autochtone de la population imaginale de la fin mars)

TR = ?

Ankazomanga (Betioky-Sud) 2005-2006



Observations :

Les observations sur cette station n'ont commencé qu'en cours de saison des pluies, le 25 janvier 2006. Au début des observations quelques imagos de la génération parentale subsistent (50/ha) et des larves de premier stade sont déjà observées. La densité larvaire est maximale le 6/2 (3100/ha). Le développement larvaire est assez bien suivi et seule les larves de stade 6 sont passées inaperçues. Les imagos de la génération fille 2006 apparaissent dès le 5 mars (100/ha). La population imaginale disparaît en saison sèche, dès la fin du mois de mai.

Densités maximales :

DI1 = ?

DL = 3100/ha le 6/2

DI2 = 100/ha le 5/3

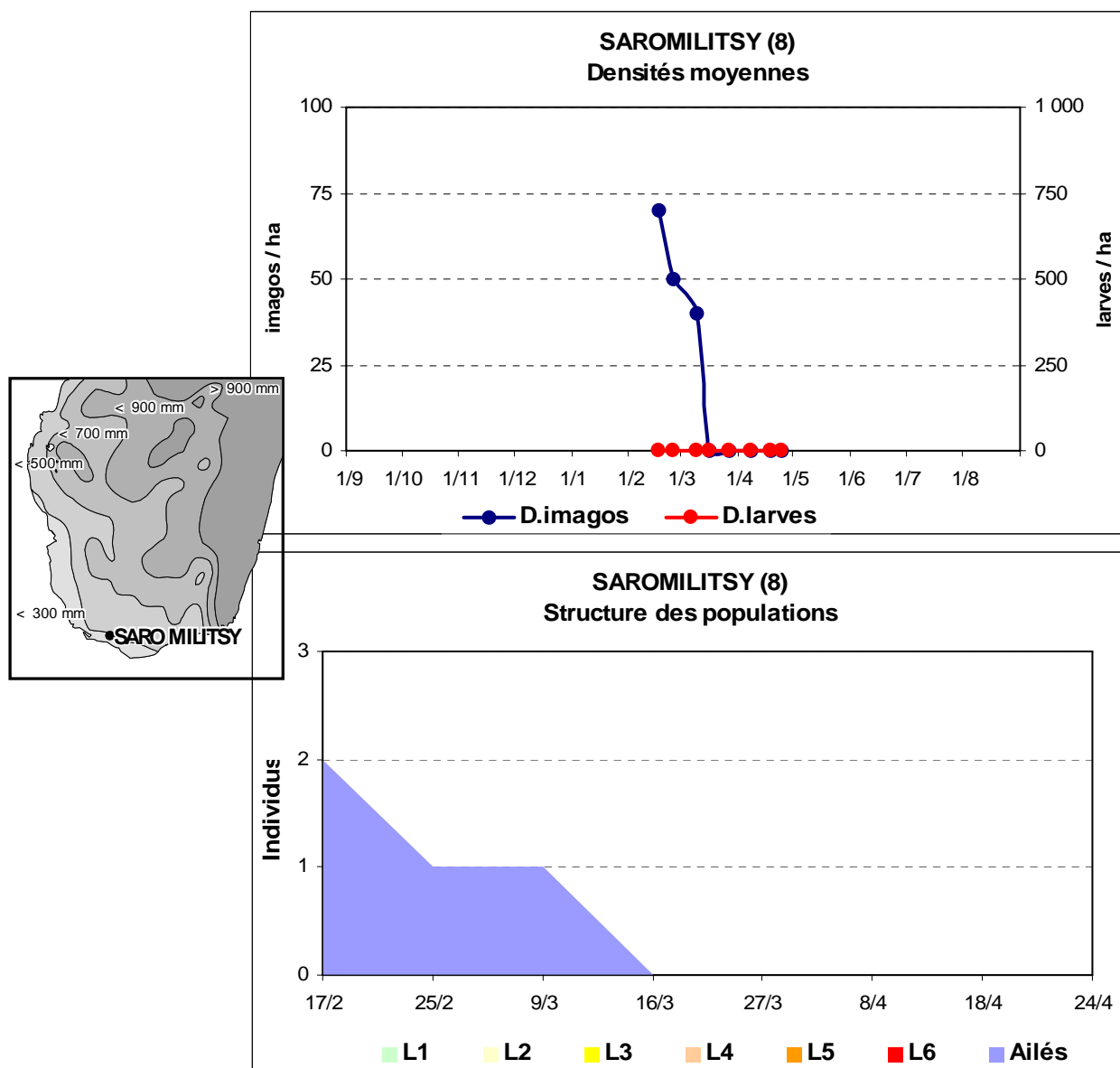
Taux de multiplication :

TE = ?

TL = $100/3100 = 0,03$

TR = ?

Saromilitsy (Beloha) 2005-2006



Observations :

Les observations sur cette station n'ont commencé que tardivement en cours de saison des pluies, le 17 février 2006. Quelques imagos sont notés en faible densité (10/ha le 17/2). Ils disparaissent rapidement et début mars aucun imago n'est plus observé. Aucun développement larvaire n'est observé sur cette station. Aucun imago n'est par la suite noté en début de saison sèche.

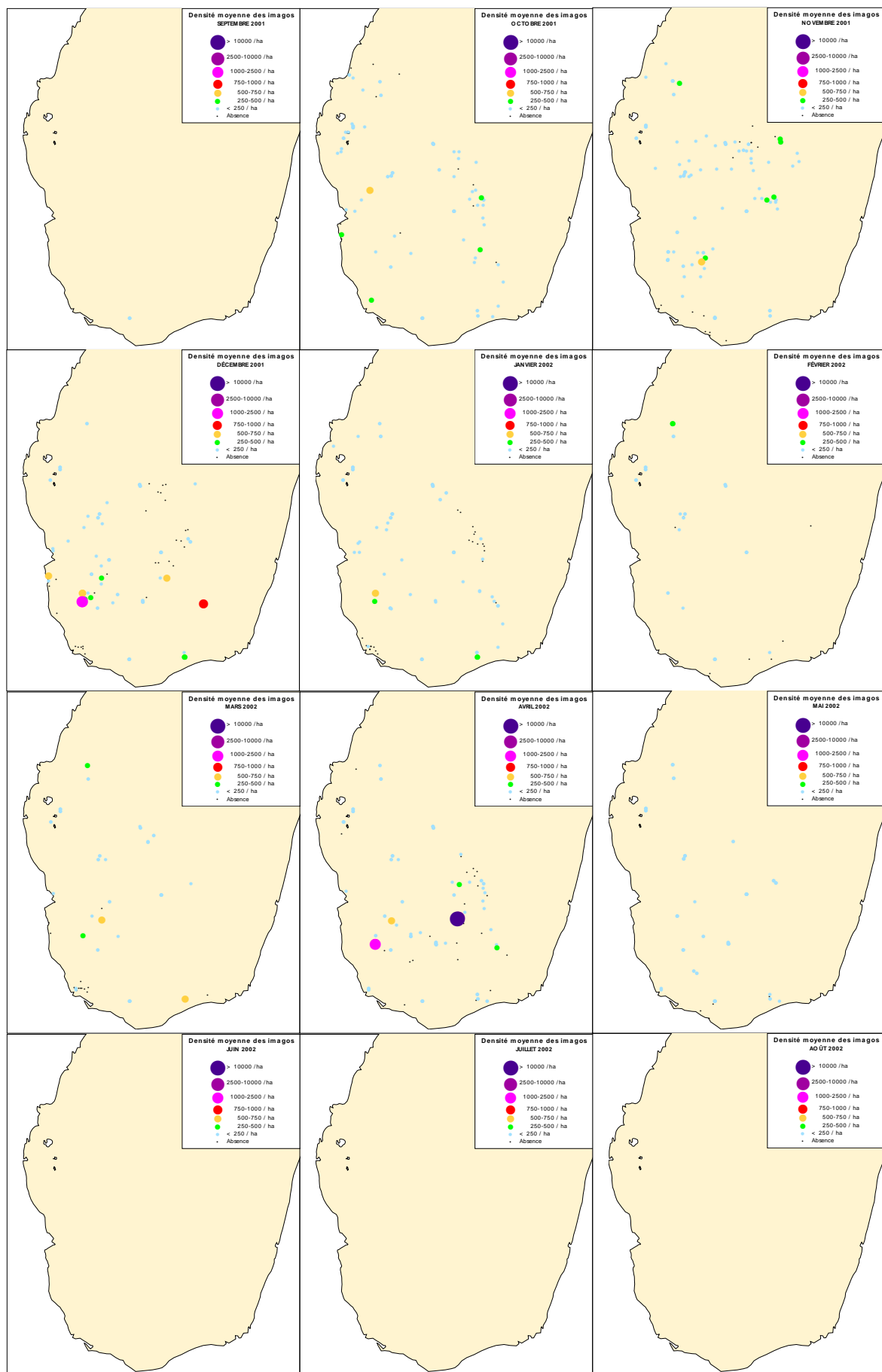
Densités maximales :

DI1 = ?
DL = 0
DI2 = 0

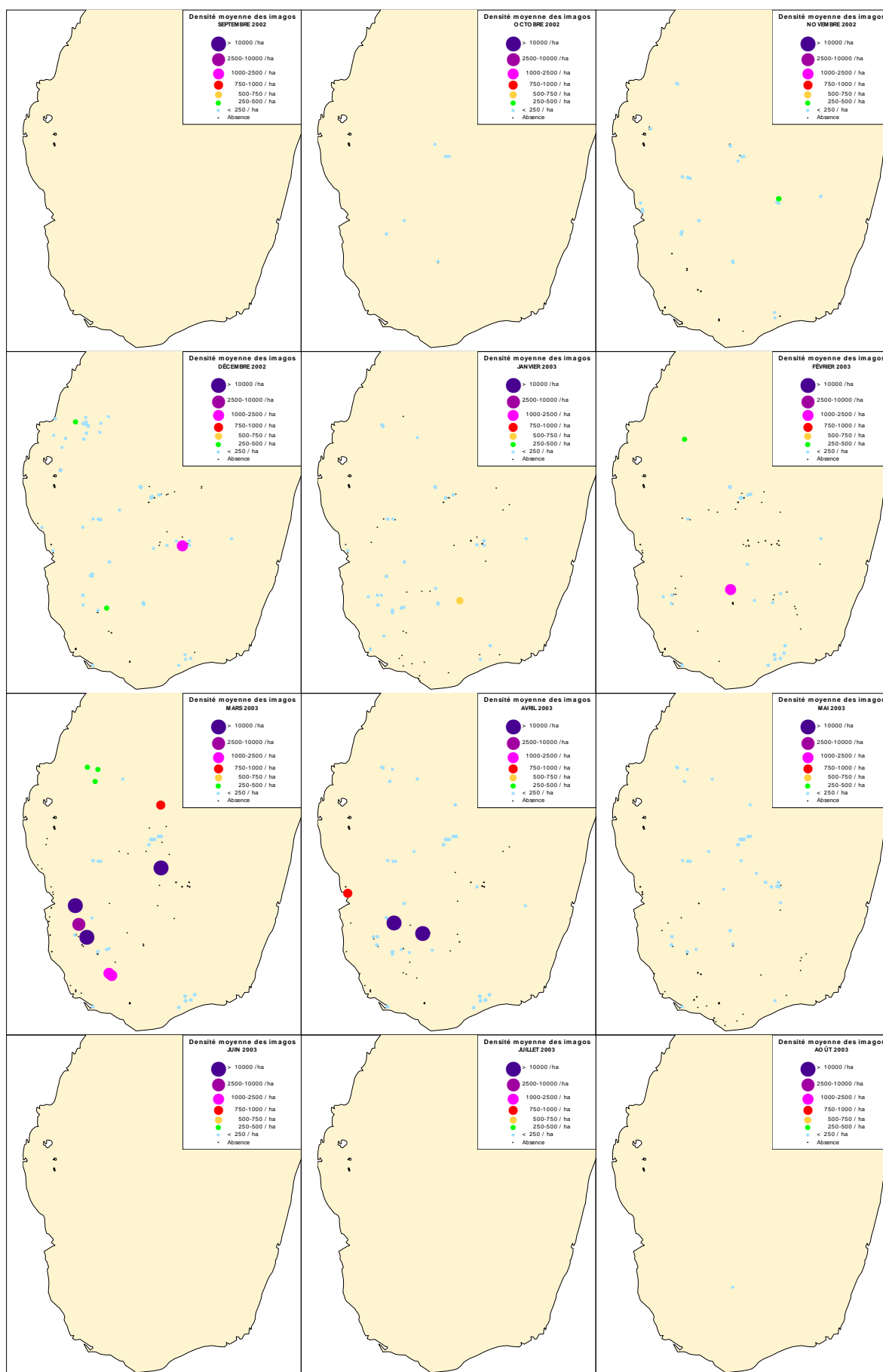
Taux de multiplication :

TE = ?
TL = 0
TR = 0

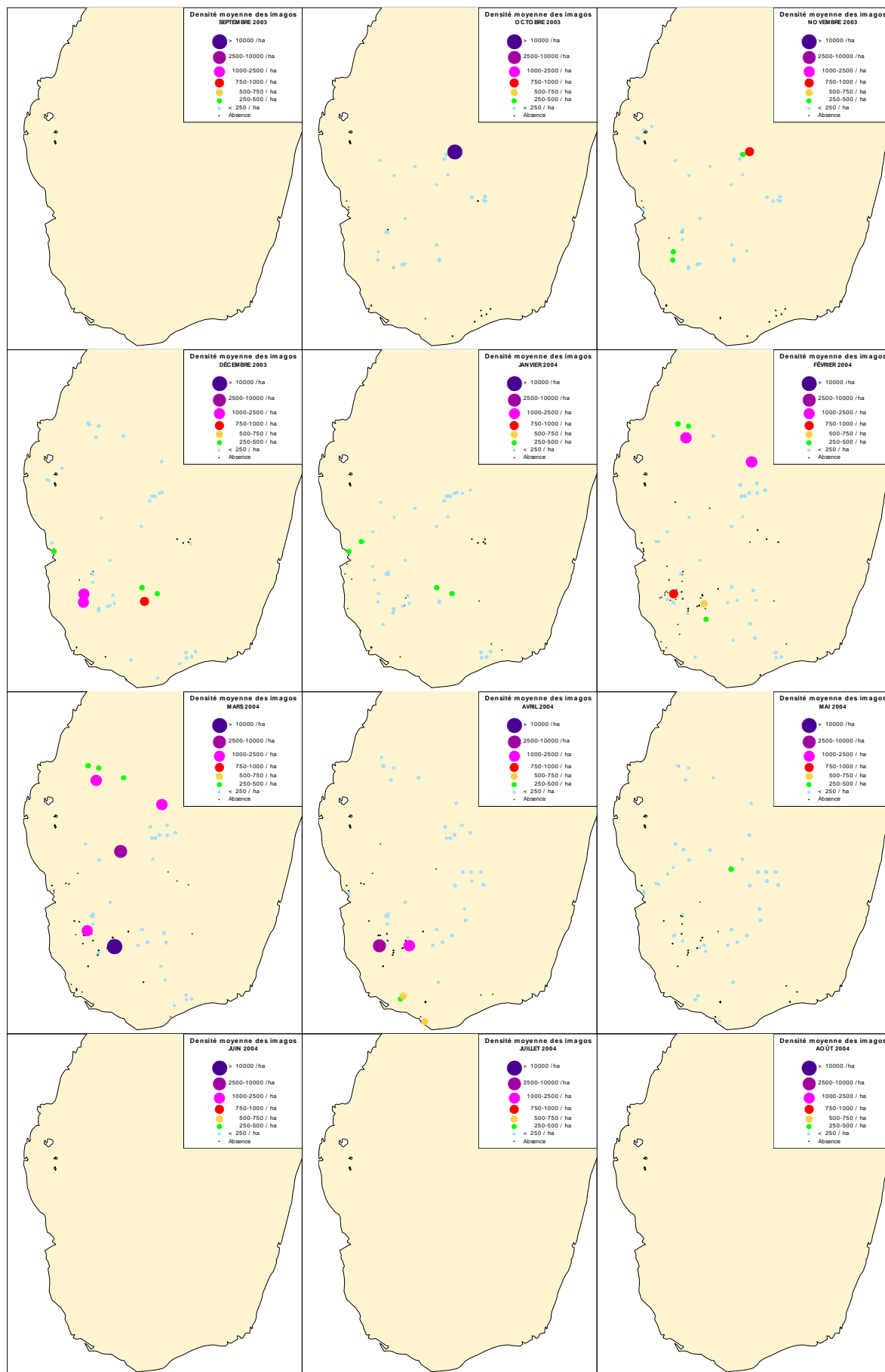
Annexe 3. Cartes de distribution mensuelle des populations imaginales et larvaires de criquets nomades pour les saisons 2001-2002 à 2005-2006.



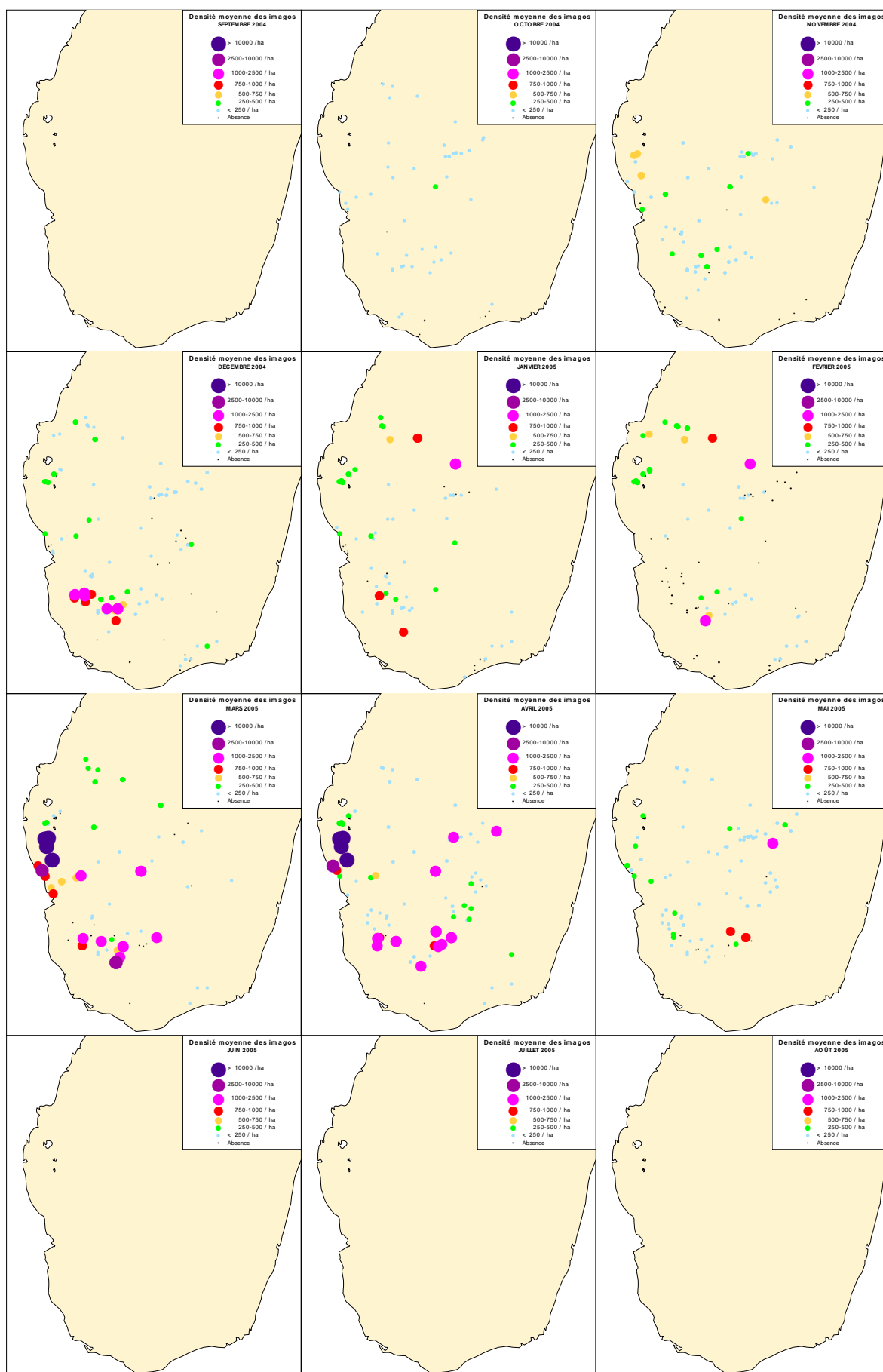
2001-2002 Densité imaginale



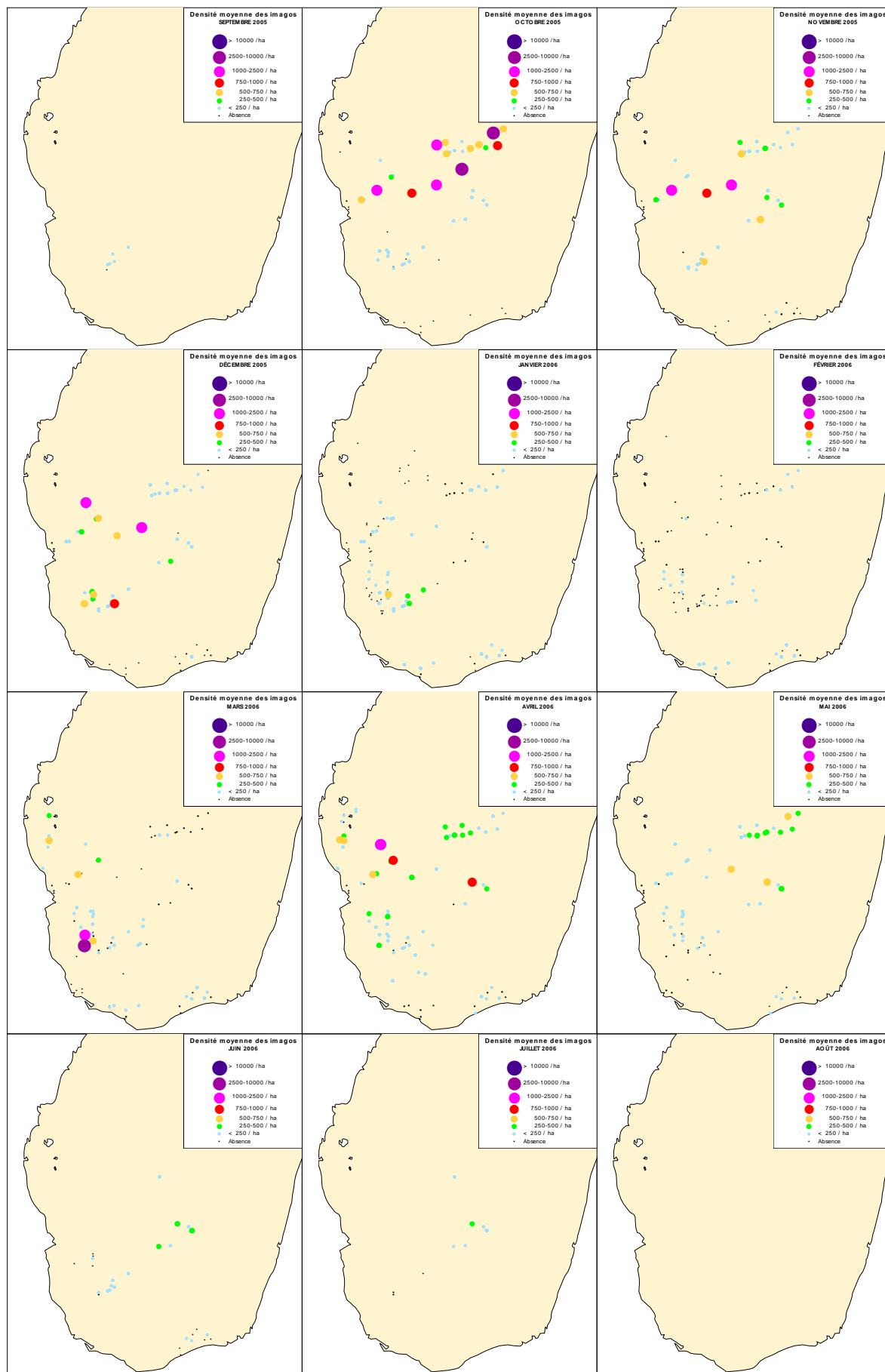
2002-2003 Densité imaginaire



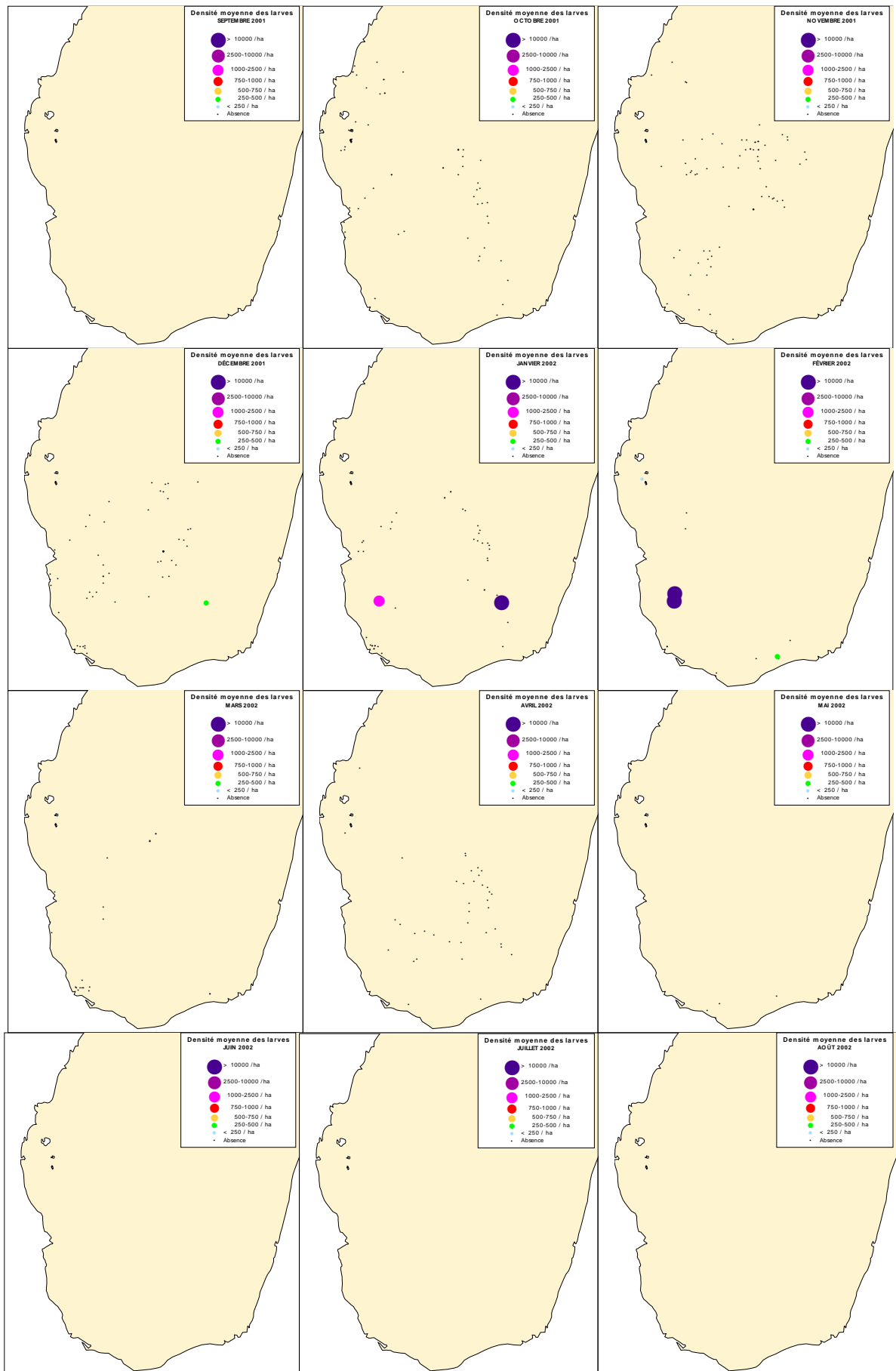
2003-2004 Densité imaginale



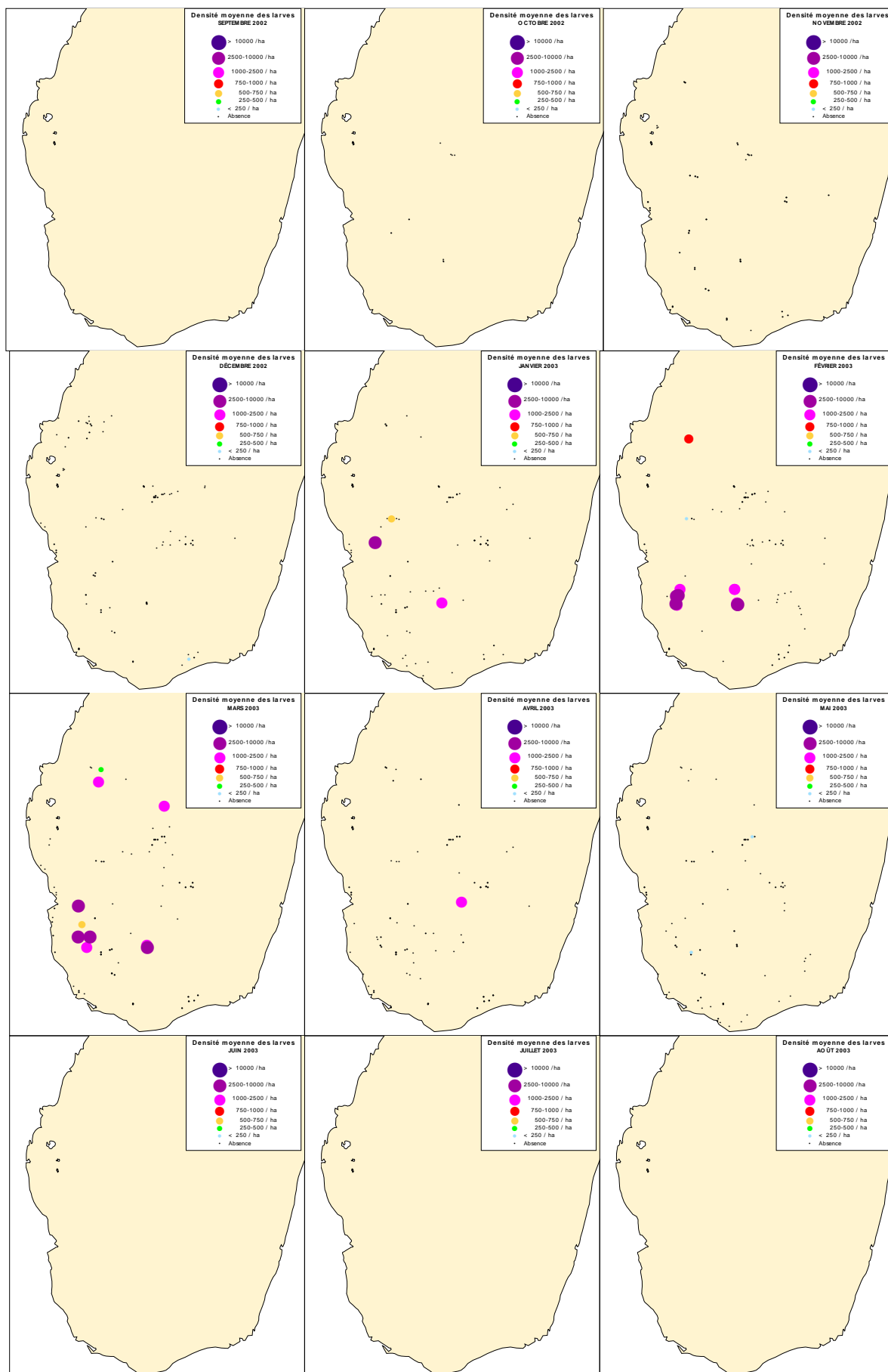
2004-2005 Densité imaginaire



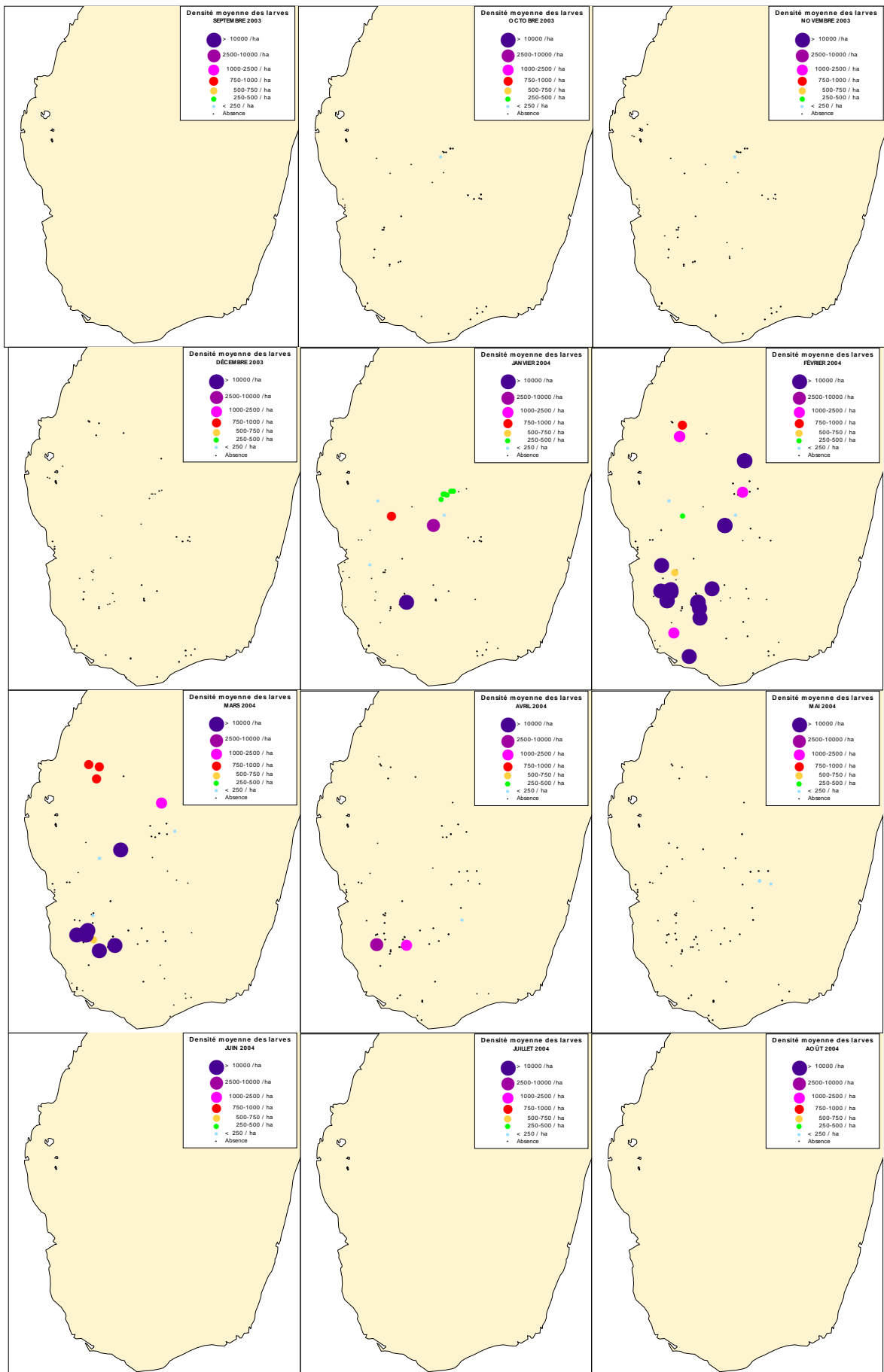
2005-2006 Densité imaginale



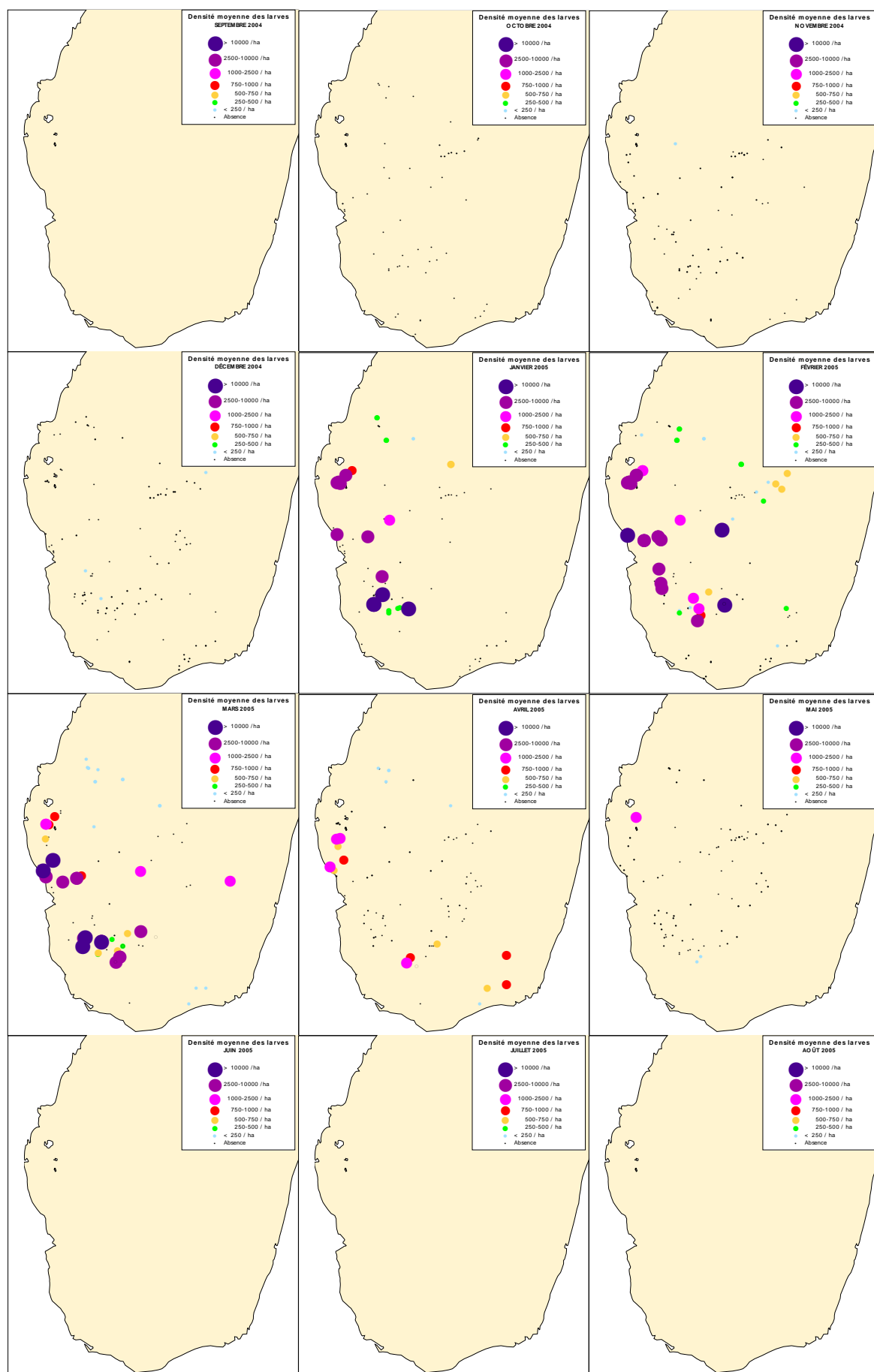
2001-2002 Densité de larves



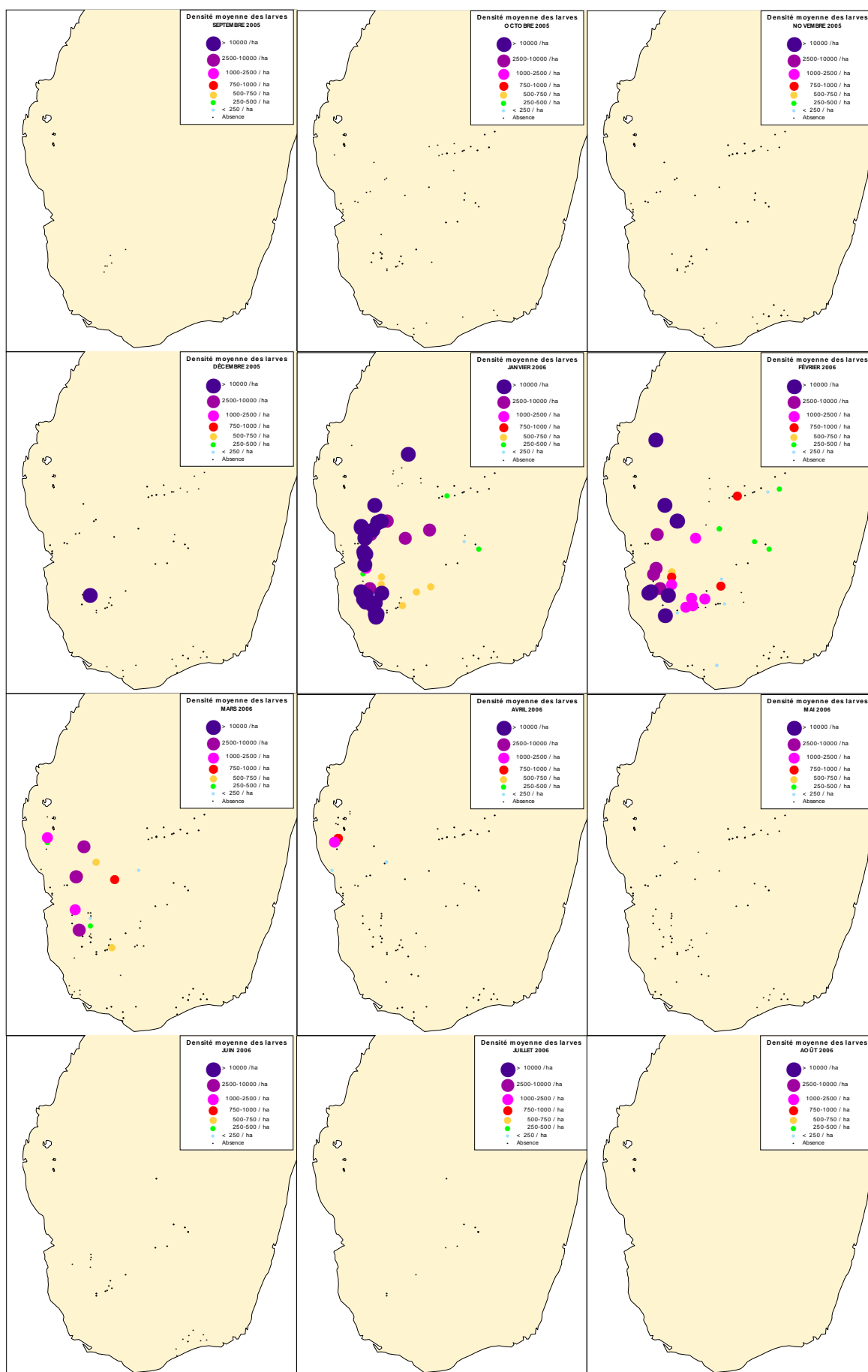
2002-2003 Densité de larves



2003-2004 Densité de larves



2004-2005 Densité de larves



2005-2006 Densité de larves

Deuxième partie

**2. Un système d'information géographique
pour la prévention du risque lié au
Criquet migrateur à Madagascar**

J.-F. Duranton, T. Andriamaroahina, J.B. Borot, A. Decherf, A. Franc, N. Ponzo

Table des matières

Introduction	307
Chapitre 1- HISTORIQUE	309
1. Création du Centre anti-acridien de Betioky	309
2. Projet PNUD/FAO MAG 23	309
3. La mission de J.F. Duranton en 1996	310
4. Invasion 1997-2000 /CNLA.....	311
5. Création du CNA 2001	313
6. PCLA : 2001-2003	314
7. PLPA : 2003-2009.....	315
8. CNA rénové	316
 Chapitre 2- PROBLEMATIQUE.....	 317
1. Finalité	317
2. Objectifs	317
3. Objet d'étude.....	317
4. Principes et méthodes	318
5. Contraintes.....	319
5.1. Contraintes administratives et institutionnelles.....	319
5.2. Contraintes logistiques	320
5.3. Contraintes techniques et scientifiques	320
5.4. Contraintes écologiques	321
5.5. Autres contraintes.....	321
6. Moyens	321
6.1. Moyens humains.....	321
6.2. Moyens logistiques et matériel	322
 Chapitre 3- ITINERAIRE METHODOLOGIQUE ET CONSTRUCTION DU SIG	 322
1. Composantes statiques de l'environnement acridien	324
1.1. Ecorégionalisation.....	324
1.1.1. Les UTEH.....	325
1.1.2. Les limites de UTEH ou régions naturelles.....	327
1.1.3. Les entités acridiennes	328
2. Inventaire des biotopes	330
2.1. Description et caractérisation des biotopes	330
2.1.1. Paramètres descriptifs	330
2.1.2. Potentiel écologique minimal et maximal	335
2.1.3. Typologie.....	336
3. Composantes dynamiques de l'environnement acridien	337
3.1. Le réseau de postes météorologiques	337
3.2. Cartes isohyètes et isothermes	338

4. Dynamique des populations acridiennes.....	339
4.1. Paramètres descriptifs	339
4.2. Cartes de potentiel acridien	340
5. Nécessaire qualité des données	341
5.1. Qualité des données indispensables	341
5.2. Standardisation des données	341
6. Croisement des données : le SIG-LMC - un système d'information géographique pour la gestion préventive du risque d'invasion acridienne à Madagascar	342
Fiche n°1 Organisation du SIG et de l'architecture des données	344
Fiche n°2 Export et formalisation des données de base.....	347
Fiche n°3 Création de la carte isohyète	350
Fiche n°4 Création de la carte d'incertitude pluviométrique.....	355
Fiche n°5 Création de la carte d'iso-densité acridienne.....	358
Fiche n°6 Création de la carte d'incertitude des densités acridiennes	364
Fiche n°7 Croisement des informations et calcul du risque	367
Fiche n°8 Création de la carte des risques dominants	379
Fiche n°9 Création de la carte des niveaux de risque	381
ANNEXE 1 Préparation d'ArcMap pour l'utilisation du SIG	383
ANNEXE 2 Préparation d'Excel pour l'utilisation du SIG.....	384
ANNEXE 3 Détail des modèles d'automatisation	385
ANNEXE 4 Exemple de procédure manuelle pour la réalisation des Isohyètes	389
Bibliographie.....	405

Liste des figures

Figure 1. <i>Locusta migratoria capito</i> , en phase solitaire (gauche), en phase grégaire (droite).....	309
Figure 2. Cartes de l'invasion de 1996 à 1998	311
Figure 3. Essaim de criquet migrateur (plateau de l'Horombe).....	312
Figure 4. Vue aérienne d'un essaim de criquet migrateur.....	312
Figure 5. Les aires acridiennes AD, ATM, AMI, AGT	313
Figure 6. Principes et méthodes	319
Figure 7. Schéma conceptuel du SIG/Lmc.....	324
Figure 8. Exemple d'évolution mésologique du plateau Mahafaly	325
Figure 9. Carte hypsométrique et hygrogrographique de l'AG	326
Figure 10. Carte et planimétrie provisoire des régions naturelles de l'AG	327
Figure 11. Les régions naturelles et les acrido-secteurs.....	329
Figure 12. Clé des formations végétales (1) (Duranton 1973)	330
Figure 13. Fiche descriptive des biotopes.....	334
Figure 14. Exemple d'interpolation et de carte d'isohyètes.....	338
Figure 15. Exemple d'interpolation et de carte d'isopotential acridien (J.P. Borot, 2008).....	340

Liste des tableaux

Tableau 1. Moyens logistiques et matériels du projet SIG/Lmc	322
Tableau 2. Potentiel écologique des biotopes exprimé selon 7 classes	335
Tableau 3. Classes pluviométriques significatives pour le Criquet migrateur malgache.	337

Introduction

Le Criquet migrateur, *Locusta migratoria capito* (Saussure, 1884) - LMC, est le principal fléau de l'agriculture malgache. L'expression de sa capacité dévastatrice lors la dernière invasion généralisée de l'île (1997-2000) reste encore dans toutes les mémoires.

Pourtant le Criquet migrateur est bien connu. Les recherches sur cet acridien ont débuté dès la fin des années 1920 avec les travaux de quelques pionniers de l'école française débouchant sur le service antiacridien de Madagascar dans les années 1930.

De nombreux chercheurs s'y sont succédés et y ont mené des travaux sur cet acridien grégariapte, capable de passer de la phase solitaire à la phase grégaire, sous l'influence de la densité. La grégariaptitude confère aux locustes un redoutable potentiel de nuisance quand ils parviennent en phase grégaire et forment des bandes larvaires puis des essaims. Ces derniers sont susceptibles de se déplacer sur de grandes distances. Le péril vient du nombre et de la densité : chaque individu est réputé pouvoir ingérer 50% de son propre poids soit pour un essaim à 500 imagos / ha près de 2,5 tonnes / jour !

Une étape importante de ces investigations pour des moyens de lutte efficaces est, au début des années 1970, le Projet sur le Criquet migrateur porté conjointement par le PNUD et la FAO (PNUD-FS/FAO Mag 523 / 1971-73). Il permit d'acquérir les connaissances scientifiques suffisantes sur la bioécologie de l'espèce pour comprendre les cycles biogéographiques annuels tout en localisant les principaux sites englobant les foyers de grégariation (FAO, 1973).

Dès lors il devenait possible, en suivant la dynamique des populations et la répartition des conditions écologiques discriminantes, d'évaluer et de localiser les risques de pullulation et de grégariation ou plus exactement de transformation phasaire. Et ainsi d'anticiper sur les événements acridiens pour intervenir dans les zones critiques où la densité des populations de locustes risquait d'atteindre ou de dépasser le seuil de grégariation. On passait de la "surveillance" plus ou moins exhaustive du territoire à "l'avertissement" raisonné qui demande beaucoup moins de moyens mais exige une grande discipline dans la collecte et l'analyse régulière des données acridiennes et éco-météorologiques.

Ces connaissances ont débouché sur un système simple, fiable et peu coûteux d'avertissement au service de la lutte préventive (Launois, 1973). Cette lutte préventive a bien fonctionné jusque dans les années 1980.

De part son caractère intermittent, la menace acridienne a pu, par le passé, être désapprise. Mais l'expérience de la lutte curative généralisée et les impacts agro-socio-économiques de la dernière invasion ont réimposé une réflexion sur les stratégies de lutte antiacridienne. Le seul remède à même d'être économiquement supportable et écologiquement acceptable est la lutte préventive fondée sur l'alerte précoce (Duranton, 1996).

A la suite à l'invasion acridienne de 1996-2000, la mise en œuvre du projet français de contribution à la lutte anti acridienne (PCLA 2001-2003) a appuyé la structure nationale mise en place pour assurer la surveillance et la lutte anti acridienne (CNLA) qui est devenue le Centre National Anti acridien (CNA). Son objet était de remettre en place un système d'avertissement acridien pérenne, peu coûteux et respectueux de l'environnement pour ramener et maintenir le LMC en phase de rémission.

Les chercheurs du CIRAD qui ont collaboré avec le CNA au cours du projet PCLA avaient amplement contribué à l'amélioration des connaissances relatives à la bioécologie du Criquet migrateur malgache dans le cadre du Projet PNUD/FAO. Leurs travaux s'inscrivaient donc dans cette continuité. Cependant, suite aux considérables modifications mésologiques depuis les années 1970 (déforestation, brûlis, rudéralisation, etc.), la nature et l'étendue des surfaces colonisables par le Criquet migrateur ont radicalement changé au niveau de l'aire grégariogène.

Ainsi, leur expertise au sein du projet PCLA, en appui au CNA, a permis de faire l'étude de faisabilité et concevoir la méthodologie (zone pilote d'Ejeda (Franc *et al.*, 2004) d'un système d'alerte précoce modernisé et actualisé, bénéficiant des apports de la technologie moderne (micro-informatique, GPS, SIG, télédétection...). C'est le Système d'Information Géographique *Locusta migratoria capito* (SIG/LMC) basé sur les données statiques (une carte actualisée des biotopes) et les données

dynamiques (pluviométrie et acridiennes) de l'évaluation des zones à risque de pullulation et de transformation phasaire.

Le SIG/LMC peut constituer un outil performant d'aide au suivi des zones à risque de pullulation et de transformation phasaire et ainsi orienter efficacement les stratégies d'intervention et de lutte préventive. Cependant, il ne peut fonctionner qu'avec un apport régulier de données acridiennes et pluviométriques issues d'un réseau d'observation fiable et performant (Franc *et al.*, 2004).

Faisant suite à l'invasion et à la fin du PCLA, le Projet de Lutte Préventive Antiacridienne (PLPA janv. 2003-juin 2009) est un projet financé par la Banque Africaine de Développement (BAfD) en appui au CNA. Il vise à restaurer les moyens matériels et humains propres à assurer une lutte préventive durable fondée sur un système d'alerte précoce performant. Il comporte un important volet de réhabilitation des infrastructures du CNA. Cet aspect est la base de toute restauration de son potentiel d'avertissement et de lutte préventive antiacridienne. En cela, le CNA a été appuyé par deux experts du CIRAD en acridologie (J.F. Duranton) et logistique acridienne (T. Rachadi).

L'autre aspect fondamental est le volet recherche/formation du projet. Le Centre national de la recherche appliquée au développement rural (FOFIFA) a été mandaté par le PLPA pour en assurer les activités.

Le FOFIFA, coordonnant l'encadrement des activités de recherche et de formations diplômantes, a notamment délégué au CIRAD le développement de l'outil d'alerte précoce et d'aide à la décision (SIG/LMC) appliqué à toute l'aire grégarigène (AG) du Criquet migrateur.

Ce volet a débuté par le renforcement des compétences du CNA sur les aspects de la gestion des bases de données, du SIG et des disciplines connexes. Ainsi, Monsieur Andriamaroahina Tsitohaina a suivi un Mastère en Systèmes d'Informations Localisées pour l'Aménagement des Territoires – SILAT (Andriamaroahina *et al.* 2006) au cours duquel il a pu constituer et améliorer les référentiels de base en acridologie et pluviométrie ainsi que mettre en œuvre et consolider la méthodologie du SIG/LMC.

Au cours de ces trois années (2006 – mi 2009), cette méthode a ensuite été déployée et adaptée sur l'ensemble de l'aire grégarigène du Criquet migrateur par l'équipe d'experts du volet SIG/LMC : J.-F. Duranton et A. Decherf du CIRAD ainsi que T. Andriamaroahina du CNA. Ils ont été appuyés par A. Franc (CIRAD), J.B. Borot (étudiant en master de l'université de Nantes) et N. Ponzo (expert SIG recruté sur contrat temporaire CIRAD) pour certains aspects du développement du SIG.

Le présent rapport replace brièvement ces travaux dans le contexte technique historique avant de présenter la problématique, de développer l'itinéraire méthodologique et les résultats obtenus. Il se termine par la notice explicative pour l'utilisation du SIG destiné à l'alerte précoce contre le Criquet migrateur.

Chapitre 1- HISTORIQUE

Replacer les travaux actuels dans leur contexte historique permet d'illustrer la nature et la continuité de la démarche scientifique qui aboutit aujourd'hui à proposer les résultats des travaux sur le SIG / LMC, outil au service de l'alerte précoce et de la lutte préventive.

1. Création du Centre anti-acridien de Betioky

A Madagascar, le problème acridien est ancien. La première relation connue d'une invasion acridienne remonte au 15^{ème} siècle. Les recherches sur le Criquet migrateur sont elles aussi anciennes et remontent dès les années 1920 avec les travaux de quelques pionniers de l'acridologie (Uvarov, 1921 et Zolotarevsky, 1929). *Locusta migratoria* et *Locusta danica* étaient jusqu'alors considérés comme deux espèces différentes. C'est en 1921 que l'on a supposé qu'il s'agissait en fait de deux formes différentes d'une seule et même espèce : l'une caractérisant les populations grégaires, l'autre les populations solitaires. Ce changement de phase s'opère sous l'effet de la densité.

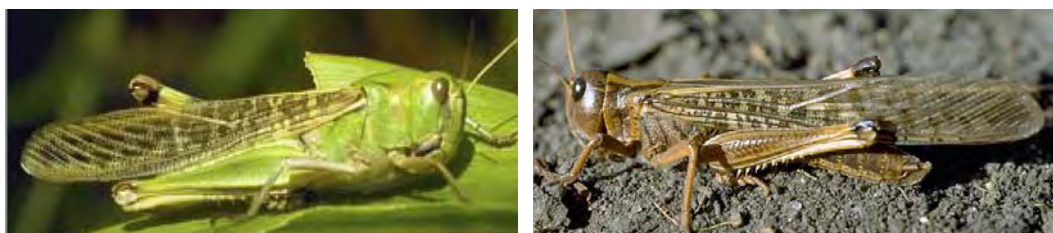


Figure 1. *Locusta migratoria capito*, en phase solitaire (gauche), en phase grégaire (droite).

Zolotarevsky a aussi proposé les premières limites de l'aire grégarigène (AG) du Criquet migrateur (Zolotarevsky, 1934). Ces résultats ont débouché sur la création, en 1932, du Centre Anti-acridien de Betioky (CAB) situé au cœur de l'AG. L'Institut de Recherche Agronomique de Madagascar (IRAM) est alors en charge des recherches entomologiques et bio-écologiques, tandis que le service de la Protection des Végétaux (PV) malgache est responsable de la lutte antiacridienne (Roy 2001).

Contrairement à ce qui existe sur le continent africain, il n'a jamais été constaté d'échange de populations acridiennes avec les états proches ; les acridiens ne se déplacent pas de part et d'autre du Canal du Mozambique. Madagascar possède donc l'ensemble du problème et doit disposer de l'ensemble des solutions. Ceci est d'autant plus vrai que de 1939 à 1957, Madagascar fait face à l'avant dernière grande invasion : durant 18 ans des essaims et des bandes larvaires ravagent les cultures et les pâturages.

Emergeant de cette longue invasion, il était nécessaire d'élaborer des méthodes plus fines et plus fiables de prévention et d'en minimiser les frais récurrents.

2. Projet PNUD/FAO MAG 23

A l'initiative des Ministères de la Coopération et de l'Agriculture en France, une spécialisation doctorale en acridologie a été organisée pour équipe pluridisciplinaire composée de cinq chercheurs français et un chercheur malgache. Convaincus de l'opportunité de répondre à la demande de soutien du gouvernement malgache, le PNUD et la FAO ont décidé de monter le Projet de recherches sur le Criquet migrateur malgache (PNUD/FAO-MAG 70/523) et d'y associer les 6 doctorants.

De 1971 à 1973, sous la direction de Jean-Paul Têtefort, des travaux de terrain ont été menés et ont abouti à la localisation des foyers ainsi qu'à la description du processus de grégarisation. Les principaux facteurs discriminants de la dynamique annuelle des populations sont identifiés. Chaque année (d'octobre à octobre) le criquet migrateur malgache, en phase solitaire, exploite une mosaïque spatio-temporelle qui lui permet d'accomplir 3 à 5 générations. Le développement se fait de façon continue ; les effectifs augmentent durant les saisons chaudes et régressent au cours de la saison fraîche et sèche.

Sur la base des résultats acquis lors du projet, Launois propose dès 1973 une restructuration du Service antiacridien de Madagascar (SAM), fondé sur un réseau d'avertissement acridien (Launois, 1973), les fondements théoriques et pratiques sont repris et détaillés dans son mémoire de thèse publié l'année suivante (Launois, 1974). Il est alors établi que la dynamique des populations du Criquet migrateur malgache est étroitement dépendante des conditions pluviométriques et de la nature des biotopes disponibles. Les conditions optimales pour le criquet migrateur sont observées lorsque la pluviométrie mensuelle est comprise entre 50 et 150 mm (plage pluviométrique optimale ou POP). Les régulations d'effectifs s'opèrent par défaut comme par excès pluviométriques définissant quelques critères d'alerte simples. Selon la réalisation moyenne de cette POP dans le temps et dans l'espace, l'AG peut être découpée en 3 sous-unités régionales :

- AMI : aire de multiplication initiale
- ATM : aire transitoire de multiplication
- AD : aire de densation.

Ainsi, les conditions considérées particulièrement favorables à la grégarisation et à un départ d'invasion sont (Launois, 1974):

- l'apparition de conditions pluviométriques optimales dès novembre ou décembre sur une aire particulière du sud-ouest qualifiée d'aire de densation (AD) ;
- la persistance de ces conditions pendant au moins 3 mois consécutifs sur une même zone ;
- l'existence de précipitations très supérieures à la normale sur les autres zones de l'île.

En 1979, Andrianasolo Ravoavy (Andrianasolo, 1979) suggère une simplification des plages pluviométriques et une extension de la plage optimale pluviométrique (POP) à une pluviosité mensuelle comprise entre 50 et 200 mm de précipitations mensuelles.

En dépit de nombreuses difficultés de mise en œuvre (nombreuses réformes administratives et réduction des moyens matériels et humains), le service d'avertissement a fait preuve d'efficacité jusqu'à la fin des années 1980.

A ce moment là, le gouvernement malgache alerté par des recrudescences a demandé à la FAO et au MAE/SCAC de dépêcher des experts respectivement J. Roy et J.-F. Duranton. Leurs deux avis étaient unanimes : la prévention était devenue inexistante (Roy, 2001).

En outre à partir de 1989, de profondes restructurations du SAM ont altéré la nature du réseau (implantation des stations d'observation, modification de la fiche d'observation et de la périodicité des observations, réduction du nombre de postes pluviométriques fonctionnels...) et des méthodes de lutte (recours aux applications manuelles de poudres insecticides).

Dès 1992, Madagascar devait affronter une sérieuse recrudescence du Criquet migrateur, des essaims ont alors quitté l'aire grégarigène pour coloniser les régions plus septentrionales. Des aides internationales ou bilatérales contribuèrent à l'effort de lutte curative.

3. La mission de J.F. Duranton en 1996

En 1996, sur les reliquats de crédits de l'aide bilatérale de 1992, le SCAC a financé un audit technique sommaire du CNA. J.-F. Duranton du CIRAD, au cours de cette expertise, faisait état de phénomènes de recrudescence de Criquet migrateur dans son aire grégarigène. Cette recrudescence était accompagnée de celle d'un autre acridien, le *Nomadacris septemfasciata* (Serville, 1938) dont les effectifs avaient considérablement augmenté au cours des dernières années (Duranton, 1996).

Malgré le diagnostic alarmant d'imminence d'une invasion, aucune mesure d'urgence n'a été prise. En novembre 1996 plus de 80 000 ha de taches larvaires de *Locusta* sont signalées sur l'Horombe mais ne seront pas traitées.

En plus de l'évaluation de la situation acridienne et sous l'impulsion de la Protection des végétaux, J.-F. Duranton a mis en lumière de profondes et irréversibles modifications dans la structure du tapis végétal de l'AG, en particulier sous l'effet de l'anthropisation des milieux. Les conséquences sur le plan acridien sont multiples (Duranton, 1996) :

- diversification de la gamme des biotopes présents dans certaines régions naturelles et en particulier dans les AMI et AD ;
- transformation du potentiel écologique de certains biotopes ;
- renforcement de la complémentarité écologique inter-régionale ;
- renforcement de certaines voies privilégiées de déplacement ;
- modifications importantes et significatives des proportions des différents types de surfaces colonisables par le Criquet migrateur.

Les stratégies d'avertissement et de lutte devaient être complètement repensées pour intégrer l'incidence de ces transformations mésologiques sur la dynamique des acridiens. Mais les propositions de réhabilitation et d'investigations plus poussées restèrent sans écho immédiat du fait du départ d'invasion.

4. Invasion 1997-2000 /CNLA

Les prémices d'une recrudescence majeure, flagrantes dès 1996, évoluaient en invasion généralisée dès 1998.

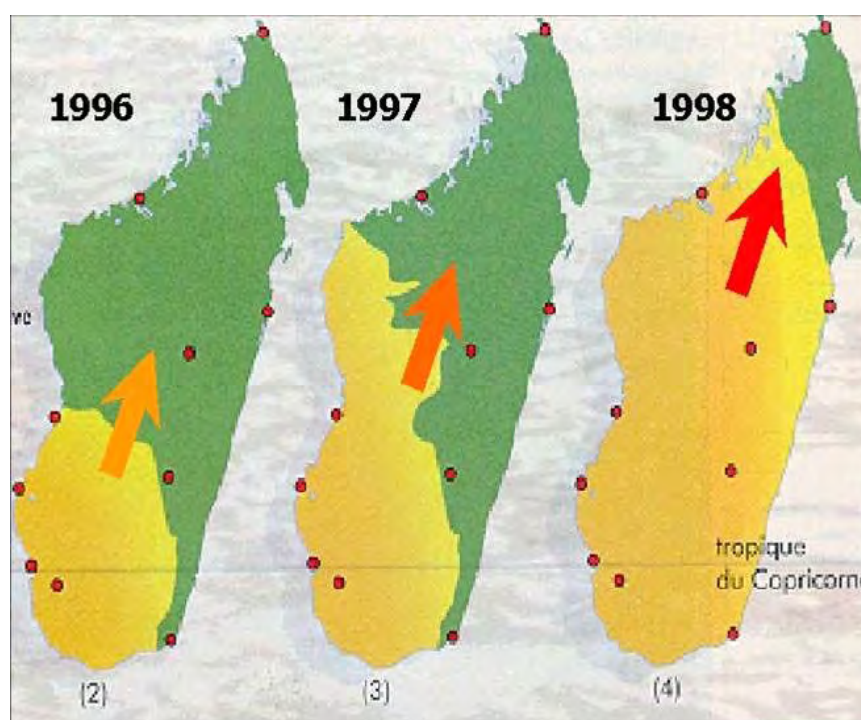


Figure 2. Cartes de l'invasion de 1996 à 1998

Nous ne reviendrons pas ici sur le détail de l'invasion et des luttes. Une chronologie détaillée est faite dans le manuel de lutte antiacridienne à Madagascar (Duranton *et al.*, 2009).



Figure 3. Essaim de Criquet migrateur en 1999 sur le plateau de l'Horombe (Lecoq, 2001).



Figure 4. Vue aérienne d'un essaim de Criquet migrateur sur le plateau de l'Horombe en 1999 (Lecoq, 2001).

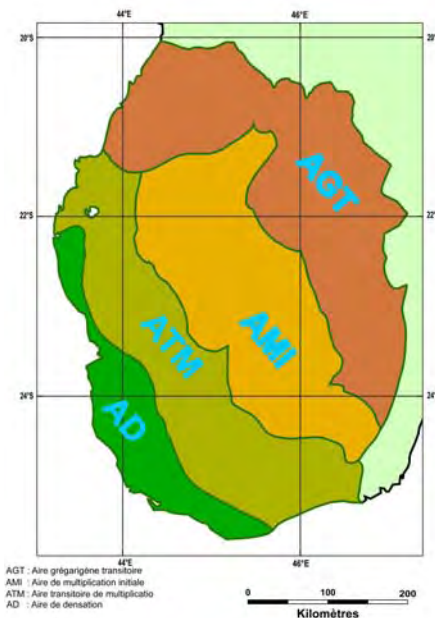
Cependant il faut noter en particulier que l'invasion :

- a concerné près des 9/10 du territoire malgache mettant en péril la sécurité alimentaire de tout le pays ;

- a nécessité quatre années d'efforts intensifs, d'une lutte curative généralisée (4 millions hectares traités avec des insecticides chimiques) ;
- a coûté près 45 millions d'Euros à la communauté internationale et au gouvernement malgache ;
- a eu des impacts importants sur la santé humaine et sur l'environnement ;
- a directement coûté la vie à trois acridologues et un pilote ;
- a été jugulée en 1999-2000 sans qu'il y ait un retour avéré à une franche situation de rémission ;
- a révélé l'impact des transformations mésologiques sur les capacités de déplacement et de colonisation des grégaires (côte Est en particulier) à l'échelle de l'île.

Depuis la première description par Zolotarevsky les limites de l'Aire grégarigène du Criquet migrateur ont été remaniées par divers auteurs.

La fin de l'invasion sans franche rémission a incité à étendre la surveillance à une marge septentrionale et orientale qui borde l'AG définie en 1973. Les bassins versants du Zomandao (au nord) et de la Menarahaka (au nord-est) doivent être adjoints à l'AG pour constituer l'AGT, zone tampon entre l'AG, sensu stricto, et l'aire d'invasion. Cette AGT s'avère particulièrement importante pour les populations transiens qui l'exploitent, principalement durant l'hiver austral et le début de la saison des pluies.



5. Création du CNA 2001

En 1999, une mission de formulation commanditée par la FAO (à laquelle participait un expert du CIRAD) a permis de définir les contours d'une stratégie de lutte antiacridienne à court, moyen et long termes et de faire des propositions pour un nouveau centre antiacridien. La communauté internationale, à travers la FAO, a fortement soutenu la création de ce nouvel organisme. La coopération française et l'Union européenne ont également appuyé cette création.

Le 16 avril 2000, par décret présidentiel, un nouveau service antiacridien renaissait des cendres du CAB : le Centre national antiacridien (CNA) fut créé. Doté d'une autonomie morale et financière, il prit en charge, dès la fin de l'année 2000, l'ensemble des opérations de lutte et de prévention acridienne dans le pays. Il s'agissait d'un premier pas vers la mise en place d'un dispositif pérenne de lutte préventive.

L'objectif du CNA est de développer un réel système d'avertissement acridien fondé sur des observations acridiennes régulières sur un petit nombre de stations fixes (représentatives des biotopes d'une région naturelle et placées sur des points stratégiques de la dynamique des populations) et corrélées avec les données pluviométriques de stations météo (pluviomètres) répartis sur l'ensemble de l'AG. Et ce afin de mettre en œuvre une lutte préventive basée sur l'élimination des populations solitario-transiens franchissant le seuil de grégarisation.

Le système d'avertissement repose sur le bon fonctionnement d'un réseau constitué de plusieurs entités entre lesquelles l'information doit circuler de façon aussi fluide que possible. La structure du dispositif d'avertissement du CNA se décline donc ainsi:

- les zones acridiennes (ZA) qui regroupent des PA. Dans chaque ZA des prospections extensives sont menées (station fixes ou validation de signalisations).
- les postes acridiens (PA) : à chaque PA sont associées des stations fixes, chacune est prospectée 1 à 2 fois par décade (prospections intensives). Chaque PA est doté d'un pluviomètre qui est relevé chaque jour.
- les stations météorologiques : il devrait y en avoir environ 80 régulièrement réparties sur l'ensemble de AG et aux abords immédiats, relevées de manière journalière

- le centre d'analyse de Betioky (sous la responsabilité du Chef de service d'avertissement) regroupe, saisit et vérifie les données par des opérateurs spécialisés (météo, acrido). Elles sont ensuite analysées selon des pas de temps décadaire et mensuel. Leur archivage permettra ultérieurement de constituer des référentiels sur une base d'analyse fréquentielle.

Mais pour que ce dispositif soit opérationnel, l'appareil technique du CNA était à réhabiliter et à renforcer :

- recrutement et formation d'une nouvelle génération d'agents acridiens,
- actualisation des moyens de travail en fonction des progrès technologiques disponibles,
- prise en compte des nouvelles données bioécologiques : actualisation de la description et de la cartographie des biotopes acridiens de l'aire grégarigène du Criquet migrateur malgache...
- mise en adéquation des stratégies de gestion du risque acridien avec l'alerte précoce et la lutte préventive

En parallèle avec cette réhabilitation, un accord entre l'Etat malgache et les bailleurs était signé pour accompagner le CNA pour une mise en oeuvre de ces objectifs. La France prolongerait sa contribution entamée au cours de l'invasion avec le PCLA. La Banque Africaine de Développement (BAfD) par le biais du Projet de Lutte Préventive Antiacridienne (PLPA) accompagnerait les premières années pour la restauration des moyens matériels et humains propres à assurer une lutte préventive durable fondée sur un système d'alerte précoce performant.

6. PCLA : 2001-2003

Le projet PCLA (Franc *et al.*, 2004) a contribué, en concertation avec les autorités nationales, au dispositif de lutte contre les criquets migrateurs et nomades à Madagascar mis en place par le gouvernement malgache avec l'appui de la communauté internationale :

- dans la phase initiale d'urgence (de 1998 à 2000), en rationalisant la gestion des moyens humains, matériels et financiers par un appui institutionnel à la structure en charge de la lutte antiacridienne, le Comité National de Lutte Antiacridienne (CNLA) ;
- à moyen terme (2001-2003), en permettant le redémarrage d'une section d'avertissement au sein d'un nouveau centre antiacridien pérenne.

Dans cette deuxième phase, le PCLA a permis d'investir un minimum pour aider le CNA à démarrer ses activités dans l'ancien centre antiacridien de Betioky à partir de l'année 2001 :

- réhabilitation des bureaux et de l'insectarium du centre à Betioky Sud ;
- achat de matériel nécessaire pour l'atelier véhicule ;
- réhabilitation de quelques logements à Betioky ;
- début d'aménagement des bureaux de la Direction du CNA à Tuléar ;
- achat matériel de terrain pour les prospecteurs acridiens ;
- achat du matériel de transmission, ainsi que du matériel informatique ;
- actions de formation pour le personnel.

Outre cette réhabilitation matérielle, le PCLA a financé des travaux de recherche délégués au CIRAD (2001 à 2003), concernant la lutte préventive contre le Criquet migrateur mais aussi contre le Criquet nomade. Concernant le Criquet migrateur, il s'agissait de travaux d'appui au CNA pour la création d'un outil d'aide à la décision pour la prévention des invasions du criquet migrateur.

Ainsi, les bases d'un système d'avertissement ont été réactualisées :

- Les bases de données du CNA concernant la surveillance et la pluviométrie ont été créées et sont semi-opérationnelles. Elles ont permis d'intégrer l'ensemble des données d'archives et elles doivent être incrémentées chaque décade par les données de terrain. Sa performance est une liaison avec des logiciels de cartographie. C'est le premier outil de ce type qui existe dans le SAM.
- Une carte actualisée des biotopes du Criquet migrateur a été réalisée sur une zone pilote en utilisant l'imagerie satellitaire Landsat. L'itinéraire méthodologique a été rodé et l'extension de cette cartographie à l'ensemble de l'aire grégarigène peut être maintenant effectuée de manière homogène.

- Un système d'information géographique (SIG) a été créé, intégrant données acridiennes et météorologiques, permettant de délimiter les zones à risque acridien. L'assemblage des couches du SIG n'est pas encore terminé et demandera au préalable la révision complète des biotopes acridiens de l'ensemble de l'aire grégarigène. Ce système est opérationnel - au moins sous une forme préliminaire (zone pilote d'Ejeda) - au sein de la cellule surveillance du CNA et permet de gérer l'information en provenance du terrain, de suivre la situation acridienne et d'émettre des bulletins de risque acridien (la fiabilité de ces estimations devra ensuite être améliorée par un renforcement du dispositif de terrain).
- Un nouveau bulletin de situation acridienne a été créé. Ses modalités de conception, de réalisation et de diffusion ont été strictement formalisées. Son contenu et sa présentation devront évoluer régulièrement à mesure de l'acquisition de nouvelles connaissances techniques et scientifiques.

A l'issu de ce projet, les principales recommandations étaient :

1. Rationalisation du dispositif de surveillance acridien (nouveaux pluviomètres et nouveaux PA, réseau de transmission, moyens d'analyses de données) ;
2. Optimisation des paramètres relevés et utiles à l'avertissement (grégarité, état physiologique des femelles, températures et vents, données pédologiques...) ;
3. Finalisation de la révision des biotopes sur l'ensemble de l'aire grégarigène ;
4. Rajeunissement et formation continue des prospecteurs ;
5. Formation des cadres de la surveillance aux outils nécessaires à l'utilisation et à l'évolution du SIG.

Le PLPA, concomitant à la fin du PCLA, s'est entre-autre approprié ces recommandations pour construire ses objectifs.

7. PLPA : 2003-2009

Le Projet de Lutte Préventive Antiacridienne est un projet financé par la Banque Africaine de Développement (BAfD) en appui au CNA. Il vise à restaurer les moyens matériels et humains propres à assurer une lutte préventive durable fondée sur un système d'alerte précoce performant. Il comporte un important volet de réhabilitation des infrastructures du CNA. Cet aspect est la base de toute restauration de son potentiel d'avertissement et de lutte préventive antiacridienne. Cependant nous ne détaillerons pas ici le grand nombre de réalisations du projet (cela fait l'objet de rapports spécifiques) mais nous présenterons juste le contexte institutionnel des travaux présentés au cours des chapitres suivants.

Concernant la réhabilitation des réseaux acridiens et météorologiques, le CNA a été appuyé par J.-F. Duranton, expert acridologue du CIRAD. Ce point est important à noter, car l'implantation et le fonctionnement de ces réseaux conditionnent complètement l'opérationnalité du SIG/LMC. Le PLPA a donc fait le choix de mandater un expert travaillant aussi à la mise en place du SIG afin d'assurer la continuité et la cohérence des deux parties du même tout : l'avertissement et l'alerte précoce.

La recherche/formation est l'autre composante fondamentale du projet. Le Centre national de la recherche appliquée au développement rural (FOFIFA) a été mandaté par le PLPA pour en assurer les activités.

A l'issue du PLPA, le CNA doit « voler de ses propres ailes » tant d'un point de vue financier que structurel et logistique.

8. CNA rénové

Le CNA rénové recouvre son autonomie financière et technique à compter de la mi 2009 :

- les infrastructures ont été remises à niveau ;
- le Criquet migrateur devrait avoir recouvré une situation de véritable rémission ;
- l'efficacité technique (avertissement, lutte préventive) et administrative auront été recouvrées ;
- les frais récurrents (fonctionnement et amortissement compris) auront été minimisés et seront durablement supportables par le Gouvernement malgache ;
- un "Plan B" sera défini et opérationnel en cas de recrudescence.

Chapitre 2- PROBLEMATIQUE

1. Finalité

Dans le contexte d'une réhabilitation du Centre National Antiacridien de Madagascar, il s'agissait :

- de retrouver une fiabilité similaire, voire supérieure, à celle du Service d'Avertissement Acridien de 1973, en prenant en compte les transformations mésologiques, technologiques... survenues au cours des quarante dernières années ;
- le doter d'un instrument d'aide à la décision objective pour mettre en œuvre une alerte précoce et une lutte préventive performante ;
- d'inclure la lutte anti-acridienne dans le développement durable du Sud, dans le cadre d'une gestion intégrée des ressources naturelles de ce territoire.

Sachant que les coûts de fonctionnement doivent être réduits au minimum afin d'assurer la pérennité d'un financement assurant le fonctionnement fiable du SAM.

2. Objectifs

Les objectifs sont de plusieurs ordres :

- Restaurer les niveaux de connaissances et de gestion de ces connaissances, indispensables au bon fonctionnement de la Section Avertissement (SAv) du CNA ;
- Rendre compatible la collecte, la transmission, l'analyse, l'archivage des données météorologiques, mésologiques et acridiennes avec le système de gestion des données (bases de données, SIG et cartographie) ;
- Obtenir un diagnostic et un pronostic périodiques (décadaires ou mensuels) et fiables ;
- Transférer techniquement et matériellement les moyens d'obtenir les diagnostics et pronostics au CNA et en particulier aux agents du SAS.

3. Objet d'étude

Les limites taxilogiques font que l'objet d'étude privilégié est le Criquet migrateur malgache qui est un acridien grégariapte. Chaque espèce possède des exigences écologiques et des caractéristiques biologiques qui lui sont propres. Un même milieu est donc ressenti comme un environnement particulier par chacune des espèces qui s'y trouvent ; constituant ainsi autant d'environnements différents, ce qui implique :

- qu'un SIG conçu pour une espèce n'est pas immédiatement utilisable pour une autre espèce : dans cette étude la description des milieux et l'exploitation des environnements sont prioritairement dédiées au Criquet migrateur malgache ;
- que de nombreuses "couches" d'informations descriptives des milieux restent disponibles et utilisables pour plusieurs et diverses utilisations ultérieures ou parallèles.

Dans le cas présent, et compte tenu de la présence de deux locustes, un effort particulier a été consenti lors de la description des milieux et des biotopes acridiens élémentaires afin de pouvoir ultérieurement procéder à des regroupements différents, adaptés aux exigences écologiques particulières de chaque espèce ou à d'autres problématiques agricoles ou pastorales.

Pour le Criquet nomade (NSE), les choses sont beaucoup plus complexes car cette espèce univoltine déploie une stratégie adaptative qui lui fait préférer des milieux (biotopes) spécialisés où la dynamique des populations est sous la dépendance de conditions éco-météorologiques qui diffèrent selon certains stades phénologiques. L'état actuel des connaissances bio-écologiques relatives à cette espèce tout comme la précision des observations à effectuer à certaines périodes-clés du cycle (en particulier lors du développement embryonnaire durant lequel il faudrait suivre le bilan hydrique des sites de ponte) ne permettent pas d'accéder à un avertissement performant et peu coûteux comme pour le Criquet migrateur. De plus, l'intérêt d'un avertissement relatif au Criquet nomade est moindre

en raison de la longueur du cycle : l'espèce n'effectue qu'une seule génération annuelle ce qui offre la possibilité de développer une stratégie de maîtrise des populations en ajustant la tactique d'intervention en éradiquant les populations larvaires groupées ou les populations imaginales groupées au moment où elles sont le moins mobiles.

La lutte préventive n'a de sens que dans un contexte de rémission où il faut prévenir ou contenir tout risque de résurgence ou de recrudescence. La rémission, est une période durant laquelle les populations d'une espèce de locuste se maintiennent très majoritairement en phase solitaire ou faiblement transiens, dans les limites de l'aire grégarigène. Les **limites phasaires** se bornent donc aux populations de criquets migrateurs solitaires ou solitaro-transiens c'est-à-dire dans les situations acridiennes suivantes :

Les limites spatiales correspondent à celles de l'aire grégarigène du Criquet migrateur, étendue aux régions périphériques (AGT) exploitables par les transiens en période de recrudescence.

Les limites temporelles correspondent essentiellement à la durée estimée de fiabilité de la cartographie des biotopes. L'évolution accélérée de l'occupation des sols et en particulier du couvert forestier nécessite une actualisation décennale de la cartographie des biotopes et ce jusqu'à la stabilisation des surfaces de chaque type de biotope.

Les limites technologiques sont celles liées aux outils et logiciels employés pour développer l'outil SIG. Dans sa forme actuelle le SIG fonctionne sous ArcGis 9.2 et nécessite un ordinateur compatible avec ses spécifications techniques.

Les limites de fiabilité du SIG résultent des incertitudes liées à chaque couche d'informations. Pour obtenir un diagnostic, il est nécessaire que l'ensemble des PA et qu'au moins 80 postes pluviométriques fournissent en temps réel leurs données de terrain et que celles-ci soient saisies et vérifiées. En deçà, la quantité d'erreurs est trop importante pour que les résultats soient exploitables.

4. Principes et méthodes

Le système d'avertissement repose sur l'analyse régulière (décadaire et/ou mensuelle) de deux catégories complémentaires de données :

- les données statiques = les données mésologiques ;
- les données dynamiques :
 - o météorologiques, essentiellement pluviométriques effectuées quotidiennement dans les 135 postes pluviométriques (PP) et compilées en temps réel sur une base de données journalières (BD MTO).
 - o acridiennes provenant de chaque station prospectée pentadairement ou décadairement comprenant la nature de la station (intensive : prioritaire ou complémentaire, extensive : fixe ou signalisation), les effectifs, les densités, les stades phénologiques et l'état phasaire, le sexe, données compilées en temps réel sur une base de données décadaires (BD ACRIDO)

Pour accéder aux objectifs précédents plusieurs conditions et méthodes de travail sont indispensables:

- obtention de données pertinentes, indépendantes, et complémentaires,
- constitution de bases relationnelles de données géoréférencées, pour les données d'archives disponibles, comme pour les nouvelles données collectées par le CNA,
- constitution d'une carte actualisée des biotopes mosaïqués sur l'ensemble de l'AG du Lmc
- élaboration d'un SIG permettant le croisement temporo-spatial des informations dynamiques en référence aux composantes statiques et historiques disponibles pour l'AG du Criquet migrateur malgache.

La confrontation des informations est essentiellement fondée sur la notion d'optimum et de plages pluviométriques comme facteur discriminant de la dynamique des populations du Criquet migrateur, tout en prenant en compte :

- la gamme des biotopes accessibles aux acridiens dans les différentes régions naturelles ;
- le potentiel écologique maximal et réel de chaque biotope ;

- des caractéristiques des populations acridiennes disponibles (effectifs, densités, phases, états phénologiques...).

Le pas de temps retenu est le mois mais en œuvrant pour passer au niveau décadaire le plus rapidement possible (le principal handicap résidant dans l'absence de référentiel météorologique et acridien à cette échelle temporelle).

La maille géographique retenue est le 1/16 de degré géographique carré (dg²), soit un "pixel" de travail de 15 minutes de côté (25x25km 62 500ha).

Le résultat opérationnel escompté reste l'évaluation et la localisation des zones à risque de pullulations et changement phasaire en temps réel, afin de définir et ajuster, en toute connaissance de cause, la stratégie d'intervention permettant de maîtriser les pullulations acridiennes présentant un risque à court ou moyen terme.

L'ensemble de ces principes et méthodes sont schématisés dans la figure 6.

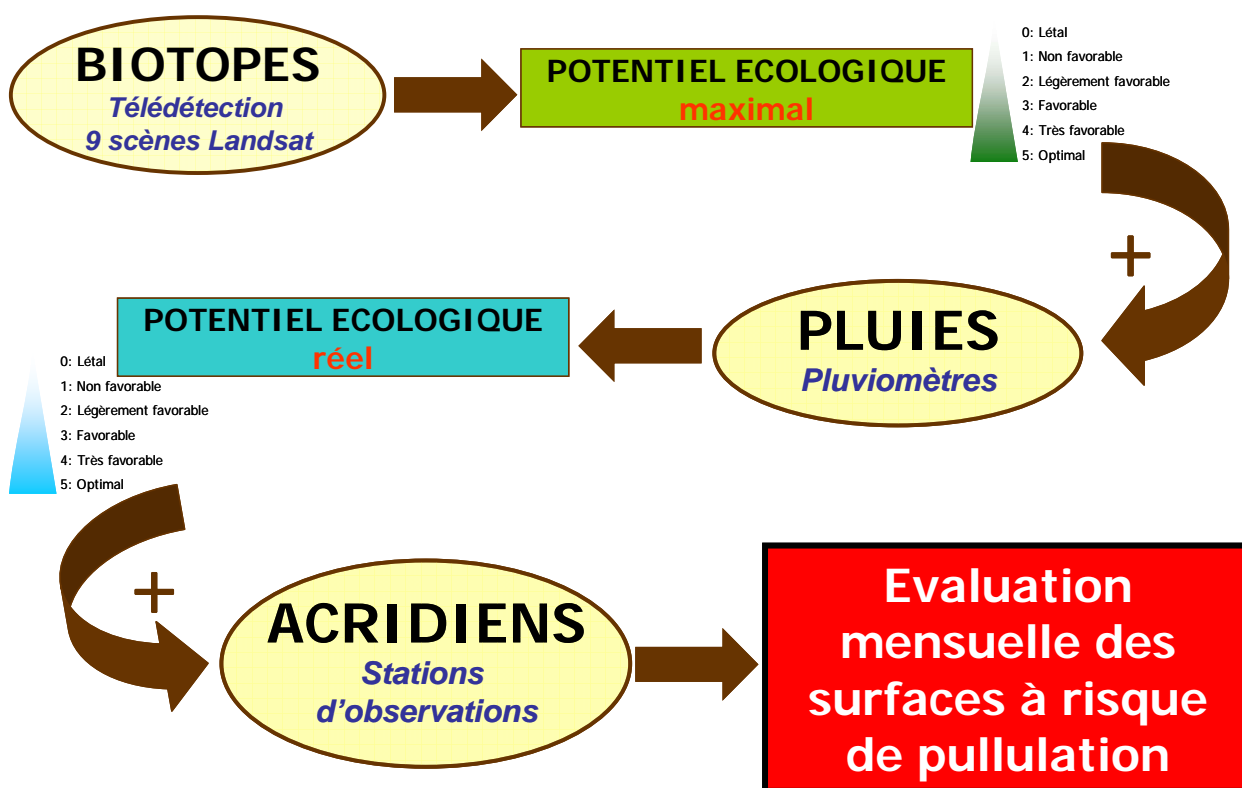


Figure 6 : Principes et méthodes

5. Contraintes

Malgré la bonne volonté de toutes les parties prenantes, diverses contraintes ont fait prendre du retard à différentes étapes des travaux.

5.1. Contraintes administratives et institutionnelles

Pour des raisons administratives et institutionnelles, la signature des contrats de recherche ont pris du retard. Alors que le projet a débuté en 2003, cette signature n'a pu avoir lieu qu'en 2005. Cela a affecté le temps imparti à la recherche et a contribué à argumenter les nécessaires prolongations du projet.

Initialement prévue pour le 31 décembre 2007, le PLPA a tout d'abord (fin 2006) était prolongé jusqu'à la fin 2008, puis tardivement (fin 2008) jusqu'à mi 2009.

Au vu de l'ambition des travaux entamés et du retard pris au démarrage, il aurait été judicieux que ce décalage de fin de projet intervienne dès le début. En effet, cela aurait peut être permis d'optimiser d'avantage la structuration des activités et de participer pleinement au rodage du dispositif.

Pour ces mêmes raisons calendaires – entre autre -, l'actualisation des connaissances biologiques et écologiques est intervenue en parallèle des missions d'Assistance Technique (AT). La seule optimisation qui en a découlé est l'optimisation financière en accordant les périodes de mission pour les 2 fonctions. Cependant, si l'actualisation avait pu être préalable au travail d'AT, elle aurait permis d'optimiser la structure du réseau d'avertissement acridienne (nombre et localisation des stations et des postes pluviométriques). Il faut tout de même noter que le choix de l'acridologue AT, expert aussi sur le volet SIG/LMC a permis de pallier une partie importante de cette contrainte.

Enfin, la circulation de l'information pas toujours suffisamment performante entre les divers partenaires du projet (CIRAD, FOFIFA, CNA), ainsi que des calendriers de travail respectifs des agents CIRAD et CNA souvent incompatibles n'ont pas toujours facilité les temps de rencontre et de concertation. Pourtant, l'entente cordiale et la bonne volonté de chacun a pu les pallier.

5.2. Contraintes logistiques

Un véhicule dédié à la recherche au sein du projet ne fut disponible qu'après presque une année de travaux (fin 2006). Or un véhicule adapté est vraiment l'outil de base pour les prospections et les relevés de terrain pour la cartographie. Il a fallu gérer la première année avec cette pénurie et emprunter des véhicules parfois vétustes aux autres services du CNA pour pouvoir réaliser des missions.

Depuis, plusieurs véhicules ont été acquis pour les différents services. Toutefois l'effectif congru du parc pousse à une surexploitation des véhicules fonctionnels et accélère leur dégradation. Un parc automobile adapté, entretenu et performant doit rester une priorité pour le CNA.

Les infrastructures du département technique du CNA sur Betioky (lieu d'accueil de l'expert junior et des missionnaires) sont peu fonctionnelles et des problèmes matériels y sont récurrents : coupures d'électricité, inondations... Un lieu d'hébergement des experts en mission n'a pas été mis en service et le logement de l'expert junior (qui a par ailleurs rapidement aussi servi de bureau) n'a été disponible qu'au bout de 6 mois et a du faire l'objet de nombreuses réparations malgré la réhabilitation récente.

De très nombreux virus et vers sur l'ensemble des matériels informatiques du CNA ainsi que de grosses anomalies dans le réseau électrique ont plusieurs fois mis en péril le matériel informatique et de fait l'ensemble des travaux en cours. De graves problèmes de sécurité informatique persistent même si des mesures fortes ont été mises en œuvre pour pallier à cette insécurité. Le maintien d'un parc informatique protégé et performant doit rester une priorité pour le CNA.

Pour contre balancer ces propos, il faut remarquer que les acteurs du projet, et en particulier la représentante du FOFIFA à Betioky, ont fait tout leur possible pour pallier à ces diverses contraintes logistiques.

5.3. Contraintes techniques et scientifiques

Les travaux d'actualisation de la cartographie des biotopes demandent d'une part un important travail de relevés de terrain puis une phase d'exploitation de ces données combinées à des scènes d'imagerie spatiale via la télédétection. Cette dernière est une discipline à part entière requérant des compétences spécifiques.

Initié lors du PCLA, un contrat entre le CIRAD et l'institut malgache de géographie et d'hydrographie a été signé. Du fait d'incompréhensions mutuelles ainsi que d'objectifs scientifiques et de méthodes non partagés, les résultats obtenus n'étaient pas compatibles avec l'usage qui serait fait de la cartographie. Le contrat a donc été abandonné sans que les travaux soient réalisés.

Alors qu'il était prévu que cette phase s'achève en 2007, elle a dû être reprise à zéro (nouvelles scènes Landsat et méthodes) début 2008 et réalisée sur les moyens propres du CIRAD. Cela a engendré de graves retards sur l'ensemble des travaux du SIG/LMC.

Par ailleurs, pour les besoins de montage et de rodage du SIG/LMC, des jeux de données récents devaient être testés. Les restructurations profondes du CNA au cours du projet n'a pas permis des campagnes complètes de prospections (PA non complètement installés, PP sans retour de données...). Les jeux de données testés sont majoritairement anciens. La période de rodage d'au moins 2 campagnes du SIG sera primordiale avant un fonctionnement optimisé.

5.4. Contraintes écologiques

L'évolution dévastatrice du couvert ligneux, en particulier dans le Sud et le Sud Ouest, provoque un mitage extrême des milieux. Cela a comme résultante un nombre démesuré d'objets cartographiques (polygones) représentant les types de biotopes. Pour chacun de ces polygones, le SIG calcul les potentiels maximaux et réels. La réalisation dans le temps et l'espace de la pluviométrie fractionne encore se découpage jusqu'à, dans certain cas, le rendre ingérable par le système informatique. Nous avons donc dû opérer quelques simplifications du SIG afin que celui puisse tourner sur un ordinateur classique.

5.5. Autres contraintes

Enfin il est à noter des problèmes de sécurité des personnes qui, fort heureusement n'ont pas eu de conséquences graves, mais ont perturbé la bonne marche des travaux. Un braquage à main armée à la Direction Régionale du CIRAD à Antananarivo ainsi qu'un accident de la circulation ont affecté l'expert junior du projet.

6. Moyens

6.1. Moyens humains

Concernant les ressources humaines mobilisées par le CIRAD, une ingénieure SIG/télédétection a été recrutée, Aurélia Decherf. Affectée à Betioky au sein du CNA pendant 2 ans (2006 - 2007), elle a poursuivi les travaux de 2008 à mi 2009 au CIRAD et à la Maison de la Télédétection (MTD) de Montpellier. Soit 30 mois au lieu des 20 prévus initialement.

Neufs mois de mission d'appui ont été réalisés par un expert acridologue et écobotaniste du CIRAD, Jean-François Duranton, acteur du projet de recherche PNUD/FAO de 1971 à 1973 et expert depuis lors à l'occasion de différentes missions et projets, en particulier lors de l'invasion de 1997 à 1999. Il a encadré l'ensemble des travaux.

Alex Franc, bien que non directement impliqué dans le projet, a assuré un suivi continu du déroulement des activités et a renforcé l'équipe dans des périodes charnières.

Jean-Baptiste Borot, étudiant en master 2 de l'Université de Nantes, a travaillé (8 mois en 2008) sur les principaux aspects liés aux méthodes d'interpolation des données ainsi qu'à l'incertitude des prévisions (Borot 2008). Son travail a permis l'évaluation des limites de fiabilité du SIG.

Nicolas Ponzo a réalisé la mise en forme finale du SIG, rédigé les notices explicatives (tutoriaux) et effectué l'installation du SIG au sein du CNA.

Tsitohaina Andriamaroahina, en raison, d'une part, de sa connaissance approfondie du sujet et du terrain et, d'autre part, de ses responsabilités au sein de CNA (chef SAV puis chef Département des techniques opérationnelles) a participé et orienté l'ensemble des travaux.

Enfin, ces travaux ont aussi été réalisés en collaboration et en étroite concertation avec les autres agents de la SAV et en particulier avec Hardy Solofonaina responsable météo puis chef SAV ainsi qu'avec ses collaborateurs. Diverses missions de terrain ont aussi bénéficié de l'appui des chefs de poste et chefs de zone antiacridienne du CNA.

Par ailleurs les responsables du FOFIFA ainsi que les Directeurs, respectivement du PLPA et du CNA ont régulièrement été informés de l'avancée des travaux, des contraintes rencontrées et des résultats obtenus.

6.2. Moyens logistiques et matériel

Le tableau suivant présente de façon non exhaustive les moyens nécessaires à la réalisation du projet.

Tableau 1. Moyens logistiques et matériels du projet SIG/LMC.

Catégorie	Inventaire sommaire
Hébergement	<ul style="list-style-type: none"> - 1 logement mis à disposition par le CNA et équipé par le CIRAD - Des séjours à l'hôtel
Motorisation	<ul style="list-style-type: none"> - 1 véhicule partagé avec le FOFIFA et mis à disposition en novembre 2006 par le PLPA
Matériel informatique	<ul style="list-style-type: none"> - 1 station de travail complète en fixe à Betioky - des ordinateurs portables pour les missions - 1 station de travail en France au retour d'A. DECHERF
Matériel de terrain	<ul style="list-style-type: none"> - lot de camping fourni par le PLPA complété par une caisse popote et un lot de bord pour la voiture - des GPS et autres équipements de prospections (filets, boîtes à cyanure, matériel de dissection...)
Ressources bibliographiques et cartographiques	<ul style="list-style-type: none"> - ouvrages dédiés à l'acridologie, à la gestion des bases de données, aux SIG, à la télédétection, aux données disponibles sur Madagascar - cartes
Données satellitaires	<ul style="list-style-type: none"> - 9 puis 13 scènes Landsat sélectionnées et acquises avant d'être traitées
Ressources réseaux	<ul style="list-style-type: none"> - internet : - pour les recherches bibliographiques et le téléchargement d'outils et de données - les logiciels en ligne tels que GoogleEarth et NasaWindWolrd - réseau de spécialistes en SIG et télédétection comme à la MTD ou sur des forums (géorézo, Définiens...)
Solutions logicielles dédiées	<ul style="list-style-type: none"> - Access 2003 de la suite Windows Office pour la gestion des bases de données - Erdas 8.6 et Définiens 7 pro pour la télédétection -ArcGis 9.2 pour la gestion du SIG

Chapitre 3- ITINERAIRE METHODOLOGIQUE ET CONSTRUCTION DU SIG

Le CNA a fait le choix de la lutte préventive. Cela nécessite une bonne connaissance :

- de la bioécologie de l'espèce cible ;
- de la dynamique des populations ;
- des biotopes et de leur potentiel écologique ;
- des conditions écométéorologiques discriminantes de la dynamique des populations de l'espèce ;
- de toutes les pratiques de lutte disponibles dans un contexte de développement durable.

Suite au projet PNUD/FAO ces composantes étaient connues. Il fallait croiser manuellement les informations afin d'anticiper sur les pullulations et maintenir le Criquet migrateur en situation de rémission. Mais cela était long et fastidieux.

Par ailleurs, les profondes transformations mésologiques impliquaient une actualisation de la répartition spatiale des biotopes, l'actualisation de la cartographie de ces derniers.

Enfin, au cours des quarante dernières années des progrès technologiques décisifs ont vu le jour :

- banalisation de l'usage du GPS ;
- développement de la micro-informatique (puissance de calcul, diversité des logiciels, fiabilité et faible coût des matériels) ;
- accès aux données de télédétection satellitaire à forte résolution spatiale comme à courte périodicité.

Le projet PCLA (Franc *et al.*, 2004) complété par les travaux de T. Andriamaroahina (Andriamaroahina, 2005) a proposé, balisé et testé l'itinéraire méthodologique qui suit.

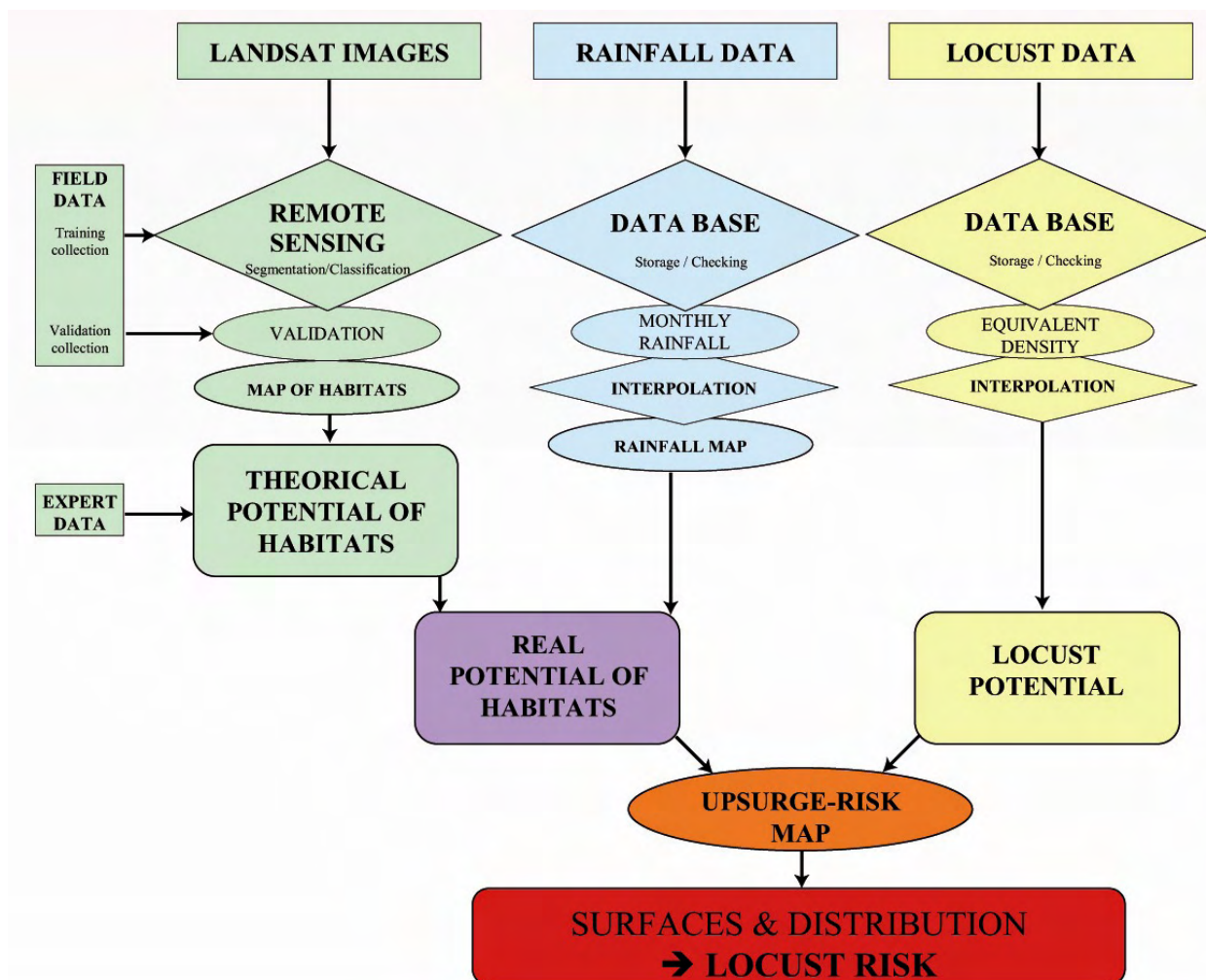


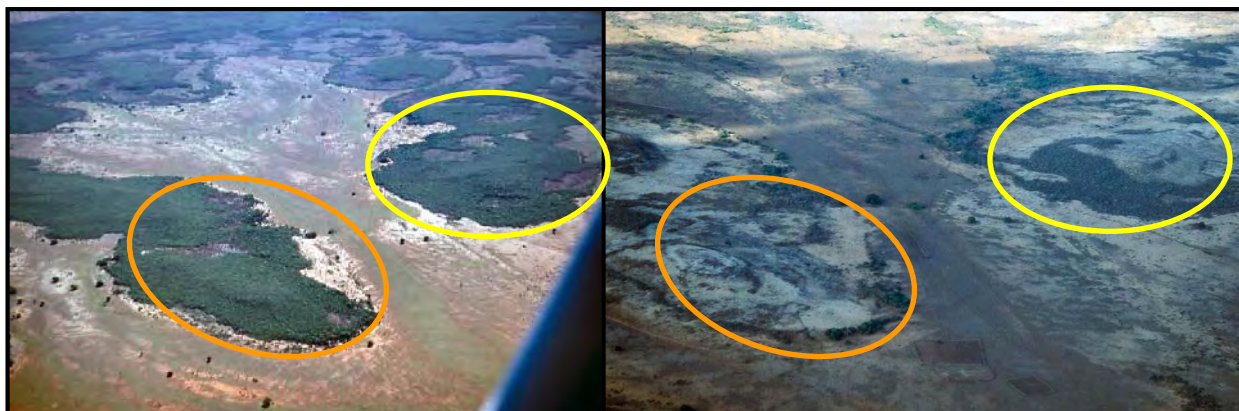
Figure 7. Schéma conceptuel du SIG/Lmc.

1. Composantes statiques de l'environnement acridien

1.1. Ecorégionalisation

De 1957 (année de la découverte des clairières du Plateau Mahafaly) à nos jours, le tapis végétal de l'aire grégarigène du Criquet migrateur malgache a subi de profondes transformations (Duranton, 1996), principalement dans les aires de densation (AD) et les aires transitoires de multiplication (ATM).

Sur le plateau Mahafaly on est passé, en 40 ans, de la notion de clairières au sein d'un bush ou d'une forêt xérophile à celle de savanes à bosquets résiduels.



Station de Tranombaza en
1972

Station de Tranombaza en
1992

Figure 8. Exemple d'évolution mésologique du plateau Mahafaly

Ces transformations concernent non seulement la structure et la nature du tapis végétal (déforestation et anthropisation) mais aussi les déterminismes mésologiques (écoulement des eaux de surface). Elles se poursuivront probablement tant qu'il restera des formations ligneuses à attaquer pour produire du charbon de bois et pratiquer des tavy dévastateurs. Non seulement le tapis végétal est affecté par ces destructions mais aussi la nature et la gamme des biotopes. La destruction du tapis ligneux provoque le décapage des sols d'interfluve (mise à nu de la roche-mère), le colmatage concomitant des bas-fonds par accumulation des éléments fins des sols et, ipso facto, modifie la redistribution des eaux de surface puisque le tapis ligneux n'assure plus l'effet tampon et protecteur. Tout l'équilibre écologique régional est ainsi irrémédiablement modifié car la reconstitution du tapis ligneux est rendue impossible par la disparition des sols d'interfluve et par les porte-graines ancestraux.

Cette évolution de l'environnement du Sud et du Sud-Ouest reste d'actualité, elle a de profonds retentissements sur la dynamique saisonnière des populations acridiennes :

- impact sur les surfaces relatives de différents types de biotopes acridiens ;
- impact sur la nature de certains biotopes et, ipso facto sur les complémentarités écologiques locales ou régionales voire sur les voies de déplacement privilégiées ;
- les environnements des principaux locustes, Criquet migrateur mais aussi Criquet nomade, sont donc significativement modifiés, principalement dans les zones de reproduction de l'acmé de la saison pluvieuse.

Ces différents facteurs ont été pris en compte pour définir les différents niveaux de découpage et la description des biotopes.

1.1.1. Les UTEH

L'ensemble de l'AG a dans un premier temps était découpé en entités intégratrices de composantes environnementales, les unités territoriales écologiquement homogènes (UTEH) ou régions naturelles. On pourra ensuite les regrouper en fonction des besoins pour obtenir notamment les entités acridiennes. La définition de leurs limites intègre différentes composantes.

▪ La composante bioécologie du Criquet migrateur

Le premier facteur de délimitation a été la connaissance fine du terrain par J.F. Duranton (en particulier celle des groupements végétaux, complémentarités régionales, des voies de déplacement) synthétisée lors du projet PNUD /FAO sous la forme d'une carte des unités territoriales écologiquement homogène (UTEH). Cette carte a servi de base à la réflexion sur les actuelles limites des régions naturelles.

- **La composante hydrographique**

La composante hydrographique a servi de nouvelle base de description pour les UTEH actualisées ou régions naturelles. A partir d'une taille régionale pertinente par rapport aux UTEH, les bassins versants ont été cartographiés. Les données hydrographiques et de fait les bassins versants, ont été obtenus à partir du traitement d'un modèle numérique de terrain (MNT). Le MNT est une représentation de la topographie de la Terre en une zone donnée et obtenue par imagerie satellite radar (SRTM2). Neuf scènes radar ont été acquises, mosaïquées, corrigées puis traitées pour faire ressortir les réseaux hydrographiques et des bassins versants de différentes tailles en fonction des besoins pour notre étude. La carte ci-après en présente le réseau hydrographique grossier obtenu. Chaque limite d'UTEH a été reprécisée en fonction des bassins versants.

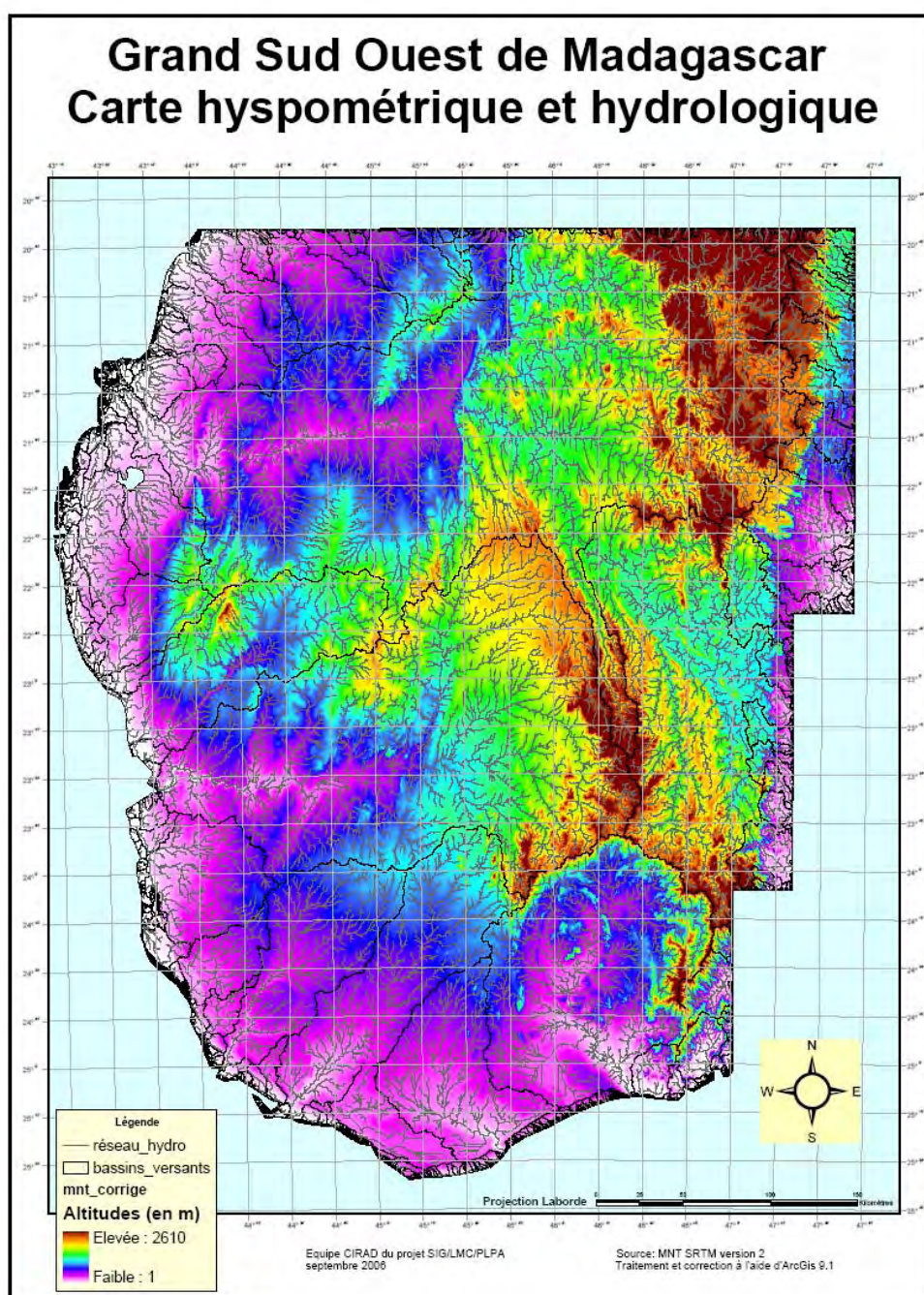


Figure 9. Carte hypsométrique et hydrographique de l'aire grégarigène.

▪ Les autres composantes

Dans certains cas où la bioécologie, l'hypsométrie et l'hydrographie ne permettaient pas de trancher (zones aréiques et delta par exemple), d'autres composantes sont entrées en ligne de compte :

- ❖ carte des limites géologiques (Bessairie 1965)
- ❖ carte de la végétation.

1.1.2. Les limites de UTEH ou régions naturelles

En fait, c'est l'identification des régions naturelles qui a permis ce travail de structuration écologique de l'AG. Elles sont au nombre de 87 et fournissent un maillage éco-géographique précis pour l'évaluation spatiale des phénomènes, des infrastructures ou des stratégies d'observation. Sur le plan acridien, chaque région naturelle peut être décrite par la gamme des biotopes extensifs (qui fournit une évaluation des méso-milieus) complétée par la gamme des biotopes spécialisés (qui reflète l'éco-diversité régionale).

On dispose ainsi d'un référentiel éco-géographique auquel on peut appliquer une planimétrie des éléments constitutifs (du biotope à l'aire grégarienne). Connaître les surfaces absolues et relatives est un atout majeur quand il s'agit de gérer des effectifs acridiens et des densités acridiennes.

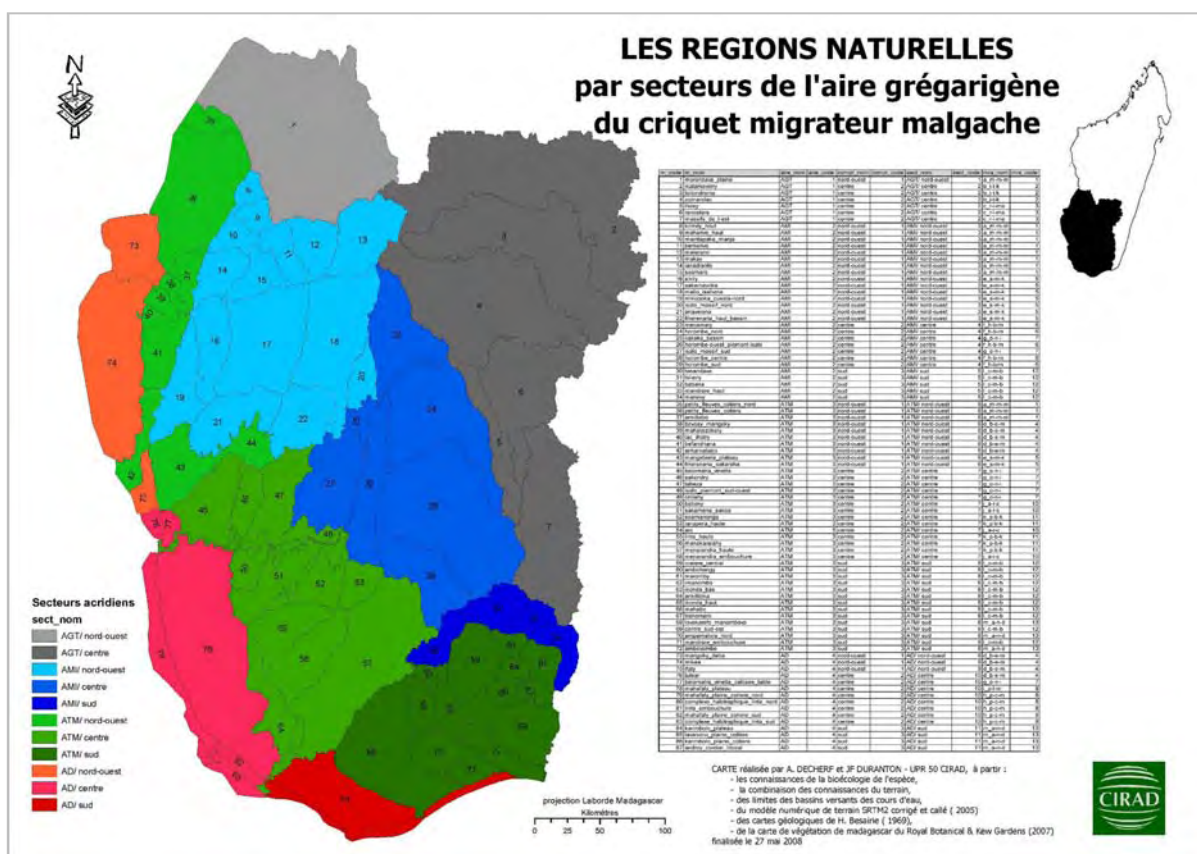


Figure 10. Carte et planimétrie provisoire des régions naturelles de l'AG

1.1.3. Les entités acridiennes

Les **limites de l'AG** ont été redéfinies pour intégrer l'Aire Grégarigène Transitoire, ce glacis septentrional et oriental est exploité par les populations transiens en période de recrudescence ou de pseudo-rémission et revêt alors une importance opérationnelle primordiale en début et en fin de cycle annuel. La surveillance de ces zones permet d'évaluer les réserves de population en précisant leurs états phasaires et leurs stades phénologiques : en début de cycle les pluies peuvent avoir plusieurs semaines d'avance sur l'AG, sensu stricto, ainsi en octobre 1996, Tomboanara (cp) signalait des arrivées importantes de femelles Lmc matures qui sont venues pondre dans les bas-fonds plus ou moins humides de l'Horombe encore épargné par les pluies pour donner les premières taches larvaires. Des observations dans le Zomandao ou la plaine de Ranotsara auraient permis d'anticiper sur l'événement.

Les **limites des aires acridiennes** ont été ajustées pour mieux prendre en compte les nouvelles connaissances relatives aux déplacements du Criquet migrateur tant en phase solitaire qu'en phase grégaire.

Les **compartiments acridiens** (Nord, Centre et Sud) ont été créés pour souligner que l'aire grégarigène du Lmc n'a pas un fonctionnement homogène et qu'il est souhaitable de tenir compte des particularités régionales ou locales dans la circulation des populations acridiennes : les reliefs influent sur l'aérologie, les mésoclimats, les déplacements des acridiens et des masses d'air et l'on peut estimer que l'AG est en fait constituée de 3 sous-unités majeures (les compartiments Nord, Centre et Sud) dont les cloisonnements ne sont pas étanches mais bien réels toutefois. Bien que secondaire au plan fonctionnel, cette observation revêt une importance certaine au plan opérationnel car le compartiment Nord est celui qui comporte les plus harmonieuses complémentarités écologiques et constitue à lui seul le moteur central de l'AG, les compartiments Nord et Sud constituant des moteurs annexes qui certaines années ou certaines saisons ont un rôle primordial.

Les **acrido-secteurs** sont la résultante du croisement des aires acridiennes et des compartiments, ils sont au nombre de 11 et présentent l'immense intérêt de structurer écologiquement l'ensemble de l'AG en fournissant un canevas logique et cohérent pour toutes les évaluations de la dynamique des populations du Lmc et des facteurs agissant (en particulier la pluviométrie). Ils constituent une maille intermédiaire pour juger de la qualité des implantations des composantes du réseau de surveillance et d'avertissement : Poste acridien PA, Poste pluviométrique PP, stations fixes ou occasionnelles, délimitation des Zone acridiens ZA...

Les **stations acridiennes** sont choisies en fonction de leur situation dans le réseau de voies privilégiées de déplacement, de la gamme des biotopes, de la surface relative des biotopes... elles doivent être représentatives de la région naturelle d'origine soit à l'échelle de l'année, soit pour une saison particulière (saison des pluies, saison sèche, saison intermédiaire ...).

À un moment donné, chaque milieu élémentaire offre des conditions écométéorologiques particulières qui sont plus ou moins favorables à une espèce acridienne qui le perçoit comme un biotope plus moins favorable, ainsi une savane arbustive humide sera perçue comme très favorable voire optimale par un imago reproducteur de Nse et comme à peine favorable par un imago de Lmc. Ceci implique de choisir les stations en fonction de l'espèce que l'on souhaite étudier.

Chaque année, chaque saison constitue une mosaïque spatio-temporelle plus ou moins favorable au développement de chaque espèce acridienne qui en conséquence voit régresser ou augmenter ses effectifs ; certaines situations aboutissent à des pullulations voire à des grégarisations. Dans tous les cas, pour comprendre cette dynamique, il nous incombe d'identifier et de spatialiser les paramètres écométéorologiques qui régissent directement ou indirectement la natalité, la mortalité, la dispersion et la grégarité de chaque locuste, pour cela un SIG (système d'information géographique) est un puissant outil de suivi évaluation.

Dans la perspective de rationaliser et de spatialiser les connaissances écologiques propres au Nse, il serait souhaitable de préciser la nature des biotopes-clés de ce taxon : sites de ponte, site de reproduction larvaire, site de diapause hivernale avant d'espérer pouvoir spatialiser sa dynamique de population et les risques encourus.

Les régions naturelles de l'AG et les secteurs acridiens

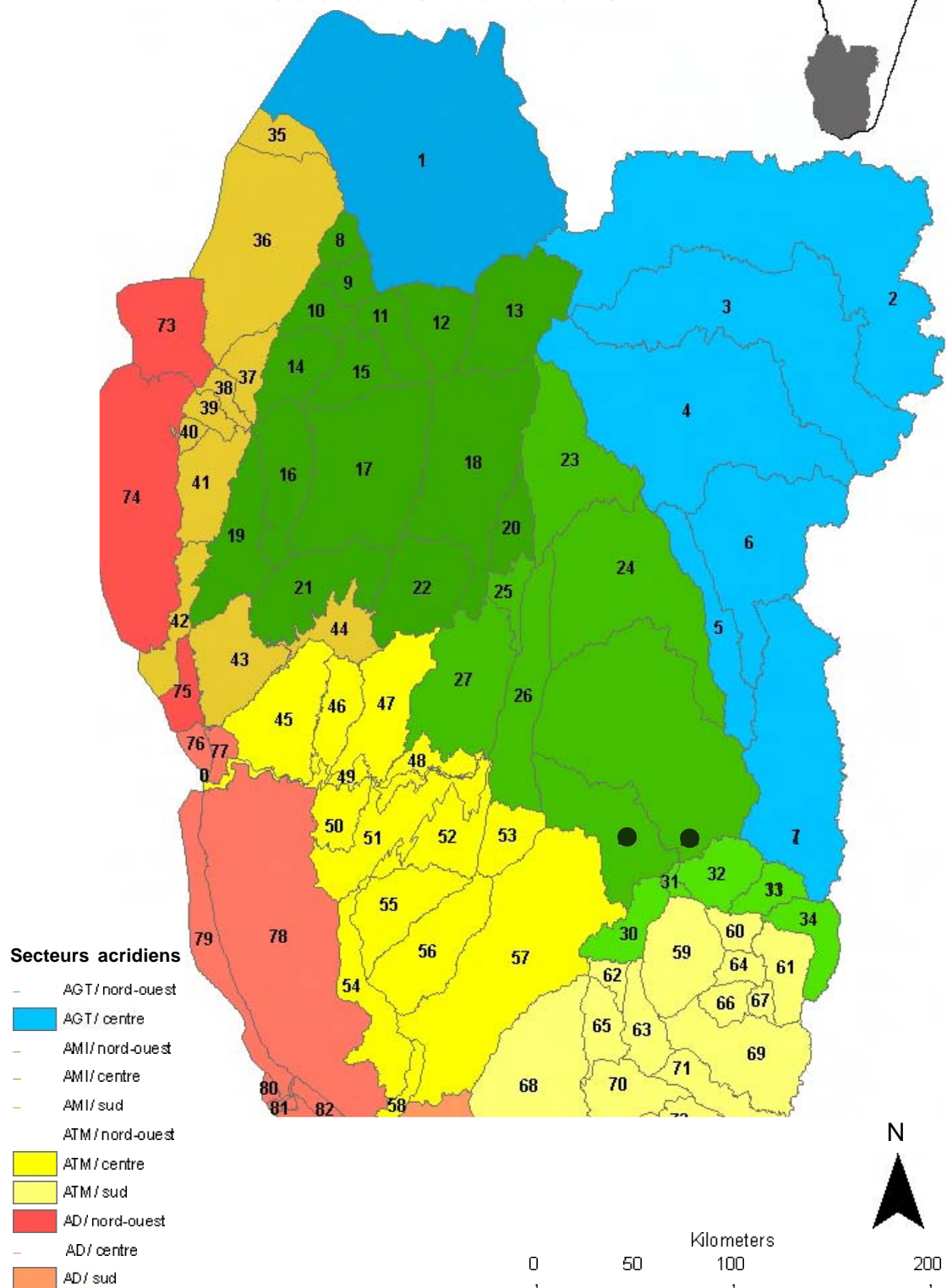


Figure 11. Les régions naturelles et les acrido-secteurs.

2. Inventaire des biotopes

L'inventaire des biotopes s'est déroulé en plusieurs étapes. Dans un premier temps une liste des biotopes théoriques a été établie par macrorégions naturelles (regroupement de RN pour les besoins de l'analyse). Cette liste a servi d'assiette pour définir les paramètres descriptifs nécessaires regroupés au sein d'une fiche de description des biotopes pour les relevés de terrain. Cette fiche a été optimisée pour une ergonomie et une rapidité des relevés ainsi que pour une amélioration de l'incrémentation de la base de données biotopes. Les relevés de terrain ont complété et modifié cette liste de biotopes, c'est la liste des biotopes élémentaires eux-mêmes par la suite regroupé sous des classes adaptées à la télédétection et à la cartographie, la liste des biotopes synthétiques. Au cours du temps les paramètres descriptifs sont restés les mêmes, seuls des regroupements ont été opérés. Voyons le détail de ces paramètres.

2.1. Description et caractérisation des biotopes

2.1.1. Paramètres descriptifs

- **Structure du tapis végétal : les formations**

La description de la structure du tapis végétale employée au cours des relevés s'est basée sur celle de Duranton (1973).

La végétation fait partie intégrante des biotopes acridiens. Elle sert d'aliment et de perchoir pour les larves et les ailés, d'abri contre les intempéries et les prédateurs. Elle influe en outre sur la distribution spatiale des individus en modifiant par sa densité volumique leurs rapports sensoriels réciproques. Cet effet d'écran a des répercussions importantes chez les espèces grégariaptées, les locustes. Les conséquences se traduisent par des modifications phasaires (passage de la phase solitaire à la phase grégaire et inversement) plus ou moins facilitées.

Le relevé structural de la végétation permet de classer les entités physionomiques et structurales homogènes (les formations) en fonction des principaux types bio-morphologiques en présence et de leur arrangement dans l'espace.

Les formations végétales de base sont décrites en tenant compte des paramètres physionomiques, à l'exclusion de critères d'ordre écologique ou géographique:

- type bio-morphologique dominant,
- taux de recouvrement,
- hauteur moyenne des différentes strates.

Leur identification est facilitée par l'usage de la clé dichotomique suivante conçue pour la zone tropicale sèche.

Pages suivantes :

Figure 12. Clé des formations végétales (1) (Duranton 1973)

Clés d'identification des principaux types de formations végétales en zone tropicale semi-aride

1 (15): Formations herbeuses,

2 (3): Groupement uniquement composé de thérophytes et, éventuellement, de géophytes laissant le sol nu en dehors de la période d'activité ERME

(les efmes sont des groupements éphémères des régions désertiques et sub-désertiques).

• La hauteur moyenne au maximum de croissance reste inférieure à 40 cm

ERME BASSE

• La hauteur moyenne au maximum de croissance est supérieure à 40 cm

ERME HAUTE

J (2) : Groupement composé d'une proportion plus ou moins importante d'espèces pérennes.

4 (12) : Groupement non nettement stratifié.

5 (6) : La hauteur moyenne des appareils végétatifs est inférieure à 15 cm. La hauteur moyenne des appareils reproducteurs ne dépasse pas 40 cm PEIOUSE

(les pelouses sont souvent des formations azonales révélant un type d'environnement particulier: surpâturage, sol halotrophe,...).

• Le recouvrement global est supérieur à 90 %

PEIOUSE FERMÉE

• Le recouvrement global est compris entre 30 et 90 %

PEIOUSE OUVERTE

• Le recouvrement global est inférieur à 30 %

PEIOUSE TRÈS OUVERTE

6 (5) : La hauteur moyenne des appareils végétatifs dépasse 15 cm.

7 (8) : Le recouvrement global est inférieur à 75 %. Le recouvrement basal n'excède pas 60 %

PSEUDOOSTEPPE

(les pseudosteppees sont des groupements xérophiies ou mésophiies des régions m la pluviosité annuelle moyenne est comprise entre 600 et 150 mm).

• La hauteur moyenne au maximum de croissance est inférieure à 60 cm

PSEUDOSTEPPE BASSE

• La hauteur moyenne au maximum de croissance est supérieure à 60 cm

PSEUDOSTEPPE HAUTE

8 (7) : Le recouvrement global est supérieur à 90 %

9 (10) : Le recouvrement basal est inférieur à 65 %, les touffes vivaces sont petites, la hauteur, au maximum de croissance ne dépasse pas 110 cm , PSEUDOSAVANE

(les pseudosavanes sont des formations de graminées vivace ±pyrophiles comme l'*Heteropogon* dans le Sud-Ouest malgache)

10 (11) : Le recouvrement global et le recouvrement basal sont supérieurs à 90 %

PRAIRIE

(les prairies sont souvent des formations azonales inféodées aux milieu. hygrotrophes).

• La hauteur moyenne au maximum de croissance est inférieure à 60 cm

PRAIRIE BASSE

• La hauteur moyenne au maximum de croissance est comprise entre 60 et 120 cm

PRAIRIE MOYENNE

• La hauteur moyenne au maximum de croissance est supérieure à 120 cm

PRAIRIE HAUTE

12 (4): Groupement nettement stratifié. On distingue une strate herbeuse supérieure constituée d'espèces pérennes formant de grosses touffes et une strate inférieure Qui se développe entre les touffes durant la phase active du groupement.

13 (14): Strate herbeuse supérieure continue au maximum de croissance; le recouvrement global atteint alors 80 à 100 % alors que le r{couv,ement basal ne dépasse pas 75 % SAVANE

(les savanes sont des groupements xérophiies ou mésophiies voire hygrophiles - des régions où la pluviosité annuelle moyenne est supérieure à 800 mm).

• La hauteur moyenne au maximum de croissance est inférieure à 120 cm

SAVANE BASSE

• La hauteur moyenne au maximum de croissance est comprise entre 120 et 200 cm

SAVANE MOYENNE

• La hauteur moyenne au maximum de croissance est supérieure à 200 cm

SAVANE HAUTE

14 (13) : La strate herbeuse supérieure est discontinue au maximum de croissance. Le recouvrement global reste alors inférieur à 75 % alors que le recouvrement basal est généralement inférieur à 50 %

STEPPE

(les steppes sont des groupements xérophiles ou trophiques des régions désertiques ou subdésertiques).

15 (1) Formations ligneuses:

- Tapis continu d'hémicryptophytes (petits buissons < 35cm) **μ-LANDE**
- Tapis continu de microphanérophytes (buissons moyens < 120 cm) **LANOE**
- Tapis continu de microphanérophytes (buissons hauts < 250 cm) **LANOE HAUTE**

- Tapis continu de nanophanérophytes (arbustes et petits arbres < 10m) **BUSH ou f OURRE**
 Couvert ligneux clair permettant le développement d'une strate herbeuse continue ou sub-continue **BUSH CLAIR ou f OURRE CLAIR**
 Couvert ligneux dense ne permettant pas le développement d'une strate herbeuse plus ou moins continue **BUSH DENSE ou f OURRE DENSE**

- Tapis continu de mésophanérophytes (arbres > 10m) **fORÊT**
 Couvert ligneux clair permettant le développement d'une strate herbeuse continue ou sub-continue **FOREI CLAIRE**
 Couvert ligneux dense ne permettant pas le développement d'une strate herbeuse plus ou moins continue **FOREI DENSE**

Cas des formations mixtes:

Les formations herbeuses sont rarement pures: aussi, en fonction de l'importance du couvert ligneux, peut-on distinguer plusieurs variantes:

- Couvert ligneux nul **Formation herbeuse PURE**

- Couvert ligneux ayant un recouvrement inférieur à 20 % **Formation herbeuse BUISSONNANTE**
 Les espèces ligneuses sont des buissons **Formation herbeuse ARBUSTIVE**
 Les espèces ligneuses sont des arbustes **, . . , Formation herbeuse ARBOREE**
 Les espèces ligneuses sont des arbres **Formation BOISEE**
 Couvert ligneux compris entre 20 et 40 % **Formation MIXTE**
 Couvert ligneux supérieur à 40 %

Cas des zones de cultures:

- Parcelle ensemencée et sarclée dans l'année **CULTURE**
 cultures **pluviales** : annuelles ou pluri-annuelles, manuelles, attelées, mécanisées
 cultures **irriguées** : naturelles, aménagées
 cultures **bocagères** (maillées) : bordées de haies vives, parcellaire maillé
- Parcelle non cultivée mais participant à un cycle régulier d'assolement **JACHERE**
- Parcelle où la culture est abandonnée pendant une ou plusieurs années sans qu'il y ait un cycle régulier d'assolement **FRICHE**
 1^{re} année **Facies post cultural**
 2-5^{es} années **friche récente**
 plus de 5 ans **friche ancienne**
- Parcelle de végétation naturelle coupée puis brûlée **Abattis-brûlis (Tavy)**
- Parcelle de tavy abandonnée, avec formation herbeuse **Défriche herbeuse**
- Parcelle de tavy abandonnée, avec formation herbeuse et buissonneuse **, . . , Défriche buissonneuse**
- Parcelle de tavy abandonnée, avec formation herbeuse et arbustive **Défriche arbustive**

Groupe ment. **primaires** : végétation naturelle ou très faiblement anthropisée, diversité floristique originelle.

Groupe ment. **dégradés** ou **secondarisés** : groupe ment primaire subissant une anthropisation plus ou moins forte induisant une transformation de la composition floristique et de la structure des populations des espèces (bouleversement de la pyramide des âges).

Groupe ment. **secondaires** : végétation anthropisée en remplacement du groupe ment primaire originel.

Groupe ments **rudéraux** : groupe ments fortement anthropisés dont la composition floristique est modifiée sous l'effet du piétinement, des apports azotés, du pâturage..

Au final les descripteurs de formations végétales retenus sont issus de types de formation très simples (herbeuse, buissonneuse, arbustive ou arborée) qui ont été déclinés au moment du passage aux biotopes synthétiques en :

- Forêt : dégradée, dense ; galerie
- Fourré / bush : bas, haut, moyen, dégradé
- Mixte
- Lande
- Cultures : maillées ; hygrophiles
- Friche
- Savane : basse, moyenne, haute ; arborée/arbustive
- Prairie
- Steppe
- Pseudo-steppe
- Pelouse : buissonnante ; tropotrophe

Auxquels il faut adjoindre des descripteurs non végétaux :

- Rochers / dalles
- Sol nu, sable/cordon dunaire

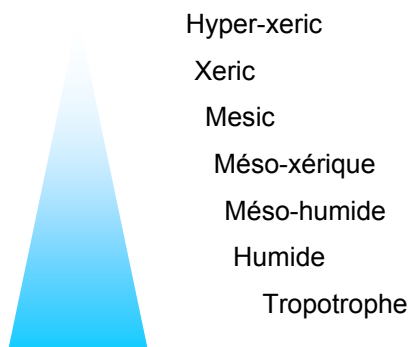
ainsi que le niveau d'anthropisation.

▪ Composition floristique

Le nombre de relevés nécessaire à la réalisation de la télédétection et le temps imparti n'ont pas permis d'effectuer de relevés phytosociologiques. Cependant, nous nous sommes basés sur des d'espèces ou des familles « saillantes », indicatrices de cortèges floristiques. Par exemple : *Acacia farnesiana*, *Pandanus*, *Alluaudia*, *Euphorbe*, *Zizyphus*, *Heteropogon contortus*.

▪ Hygrotrophie

Le niveau d'hygrotrophie est le niveau d'humidité disponible pour les végétaux dans le milieu considéré. L'hygrotrophie a été évaluée pour chaque biotope sur l'échelle suivante :



▪ Édaphologie

L'édaphologie est l'étude des sols en tant qu'habitat naturel pour les végétaux. Les paramètres édaphologiques retenus pour la description des biotopes peuvent se résumer ainsi :

- nature du sous-sol
- texture du sol
- couleur du sol
- épaisseur du sol
- halotrophie

La structuration des paramètres employés et leur déclinaison est présentée sur la figure suivante : la fiche de description des biotopes élémentaires ou waypoints.

FICHE DESCRIPTIVE DES WayPoints			
1	Prospecteur(s) :		
2	Mission :		fiche n° :/...../.....
3		WPT 1:	WPT 2:
4	Date/heure	..... à .....h.....	..... à .....h.....
3	Kilométrage		
4	Latitude		
5	Longitude		
6	Altitude		
7	Précision		
8	UTEH		
9	Biotope		
10	Type biotope	Ext Spéc Ponct Lin	Ext Spéc Ponct lin
11	Btp adjacent A	A	A
12	Btp adjacent B	B	B
13	Btp adjacent C	C	C
14	Btp adjacent D	D	D
15	Btp adjacent E	E	E
16	Ø		
17	Surf en ha		
18	Pente en °		
19	Exposition en °		
20	Topographie	S HP MP BP Rpl Ter BF0 Cvt	S HP MP BP Rpl Ter BF0 Cvt
21	Sous-sol nature		
22	Sol texture	A L Sf Sg G C B R	A L Sf Sg G C B R
23	Sol couleur		
24	Epaisseur du sol (en cm)		
25	Sol nu en %		
26	µ-climat hydro	++ + = - --	++ + = - --
27	µ-climat hydro cause		
28	Régime hydrique	XX X XM M MH H HH EL TT	XX X XM M MH H HH EL TT
29	Nb mois secs	surf :	surf :
30		prof :	prof :
31	Prolongation (en décades)	surf :	surf :
32		prof :	prof :
33	Humidité du sol	SS S H HH EL	SS S H HH EL
34	Halotrophie	0 1 2 3	0 1 2 3
35	Formation végétale		
36	Herb rec glob %	H	H
37	haut cm	H	H
38	dmy cm	H	H
39	Buisson haut cm	b	b
40	dmy cm	b	b
41	Arbuste haut cm	a	a
42	dmy cm	a	a
43	Arbre haut cm	A	A
44	dmy cm	A	A
45	Anthropisation *	I ; Id ; II ; T ; R/S ; CaP ; Ci ; Cp ; J ; GpC ; Fr ; Fa ; P ; F	I ; Id ; II ; T ; R/S ; CaP ; Ci ; Cp ; J ; GpC ; Fr ; Fa ; P ; F
46	Association végétale		
47	Sp saillantes :	H	
48		B	
49		a	
50		A	
51	Observations complémentaires :		
52	Photo	termitières : O / N	termitières : O / N
		WPT 1	WPT 2
			WPT 3

Figure 13. Fiche descriptive des biotopes.

2.1.2. Potentiel écologique minimal et maximal

Pour l'ensemble de l'aire grégarigène, les **biotopes acridiens** se répartissent en une quarantaine de types principaux, allant des biotopes hostiles aux biotopes particulièrement favorables. Aux **limites spatiales** des biotopes (qui sont naturellement perceptibles à tout un chacun), il faut ajouter les **limites temporelles** qui montrent que la qualité d'un biotope pour un acridien n'est pas constante, elle fluctue en fonction des saisons et surtout des conditions météorologiques et en particulier pluviométriques. En effet, la pluie agit comme un révélateur du **potentiel écologique** en fournissant à l'acridien des **conditions écométéorologiques** (humidité du sol, humidité de l'air, alimentation, abri, perchoir...) plus ou moins favorables à son développement et ceci, parfois, en fonction d'un stade phénologique particulier.

Pour un biotope particulier, dans une région particulière, on distingue donc deux descripteurs complémentaires :

- le potentiel écologique maximal : hostile, défavorable, peu favorable, favorable, très favorable, optimal ;
- le potentiel écologique réel qui est le niveau atteint à un moment donné, une décade particulière, par exemple.

Tableau 2. Potentiel écologique des biotopes exprimé selon 7 classes.

Milieu	Caractéristiques	% de survie
létal	où ni la population ni les individus ne peuvent survivre	0
hostile	où la population peut difficilement survivre, mort de très nombreux individus	5 à 20
défavorable	où la population peut survivre mais diminue fortement ses effectifs	20 à 50
peu favorable	où la population peut survivre mais diminue moyennement ses effectifs	50 à 100
favorable	où la population maintient ses effectifs	100 à 200
très favorable	où la population augmente ses effectifs	>200
optimal	où la population augmente ses effectifs, la limite théorique étant son potentiel biotique	max

2.1.3. Typologie

Au final, la liste des biotopes synthétiques retenus est la suivante :

Ombre et falaises
Non classifiable 2 : brûlis
Non classifiable 1 : nuages
CEP
CET : SN lit maj
CE Terrasses
Pb des pistes ???
Sables vifs //sol nu
Agglomération
Eau libre stagnante
Eau libre courante
Sables humides
Forêt hygro mangrove
Aven
Lac
Mares tempo
Parc à boeufs
Dolines
Gal forestière
Gal herb /arbust Ac farn
Gal herb brarata
Gal Pandanus
Hygro /vondro viha
Sansouires ± nues
Sansouires couvertes
Rochers /dalles
Rochers /dalles calcaire
Rochers /dalles calcaire /grés
Rochers /dalles cristallin
Rochers /dalles grés
Rochers-gréseux
Forêt caducifoliée ???
Forêt dégradée /fantôme
Forêt méso
Forêt phréatique
Forêt sempervirens
Fourré /bush caduc bas
Fourré /bush caduc Haut
Fourré /bush caduc moy
Fourré /bush semperv
Fourré /bush semperv Alluud
Fourré /bush semperv Euphorb
Fourré/Macolande à Smithia
Fourré /bush Secd E stenoclada
Mixte /bush Secd Tsingilofilo

Fourré /bush Secd dégradé
Fourré /bush Secd dégradé
Lande
Mixte arbustif
Fourré /Bush Secd à Zizyph
Mixte buissonnant
Mixte arboré
Mixte Secd Acacia farnesiana
Pelouse Buissonneuse
Pelouse Buissonneuse Ppw
Pelouse Ppw
Pseudo-steppe
Pseudo-steppe Arist /Hc
Pseudo-steppe Lf /Arist /Hc
Steppe Aristida sp.
Sables littoraux /Cordon
Cultures maillees O
Cultures maillees □
Sisal
Cult pluv /friches
Pelouses à Decaryella
Pseudo-steppe Hc
Savanes basse Hc
Sisal
Savanes arbo Med nob
Savanes Hc Sakoa
Savanes HcHr Stereosperm
Savanes moy Hc
Steppe Aristida /Loud splx
SteppeTrachypog
Savanes haute Hyperthelia
Cultures et friches Pluv
Savanes HcHr Sakoa
Savanes moy HcHr
Savanes haute Hr
Prairie Cynodon dactylon
Savanes haute Hr /Bg
Prairie Imp cyl
Prairie hygro Leersia Viha
Rizières et cult irrig
Rizières pluviales
Prairie hygro Leersia Viha
Pelouses tropo (dépressions)

3. Composantes dynamiques de l'environnement acridien

3.1. Le réseau de postes météorologiques

Les données météorologiques, essentiellement pluviométriques sont collectées quotidiennement dans les 135 postes pluviométriques (PP), transmises à Betioky chaque décade et compilées en temps réel sur une base décadaire et mensuelle.

Les données ponctuelles issues des PP sont transformées en information surfaciques pour fournir des cartes isohyètes qui prennent en compte les exigences pluviométriques du Criquet migrateur. Celles-ci ont été définies par Launois (1974) sur un pas de temps mensuel. Elles ont par la suite été remaniées et ajuster par divers auteurs en fonction d'applications particulières. On retiendra les classes figurant dans le tableau 3 où les classes pluviométriques décadaires sont fournies à titre indicatif, faute d'avoir pu les confronter objectivement aux diverses réalités du terrain ; le contexte décadaire n'est pas le simple tiers du contexte mensuel, il faudrait en effet prendre en compte la dynamique du bilan hydrique du sol. Ce qui implique une variabilité plus importante en fonction de la texture, de la structure du sol et des capacités de réserves hydriques qui lui sont propres.

Tableau 3. Classes pluviométriques significatives pour le Criquet migrateur malgache.

N° de classe	Classes pluviométriques		Conditions
	mensuelles	décadaires	
1	0	0	hostile par défaut
2	] 0 – 15 [	] 0 – 5 [	hyper déficitaire
3	[15 – 50 [	[ 5 – 10 [	déficitaire
4	[50 – 150 [	[ 10 – 40 [	optimum pluviométrique (POP)
5	[150 – 250 [	[ 40 – 65 [	excédentaire
6	[250 - 400 [	[ 65 - 125 [	hyper excédentaire
7	[400 - ∞ [[125 - ∞ [hostile par excès

A Madagascar les températures ne constituent que rarement un facteur discriminant de l'environnement du Criquet migrateur, son influence se limitant à la régulation des durées de développement, ce phénomène étant essentiellement perceptible durant la saison fraîche. Les températures mini et maxi collectées sur le terrain serviront donc principalement à la constitution de référentiels climatiques qui font actuellement cruellement défaut.

3.2. Cartes isohyètes et isothermes

L'information pluviométrique pour le mois de mars 2005

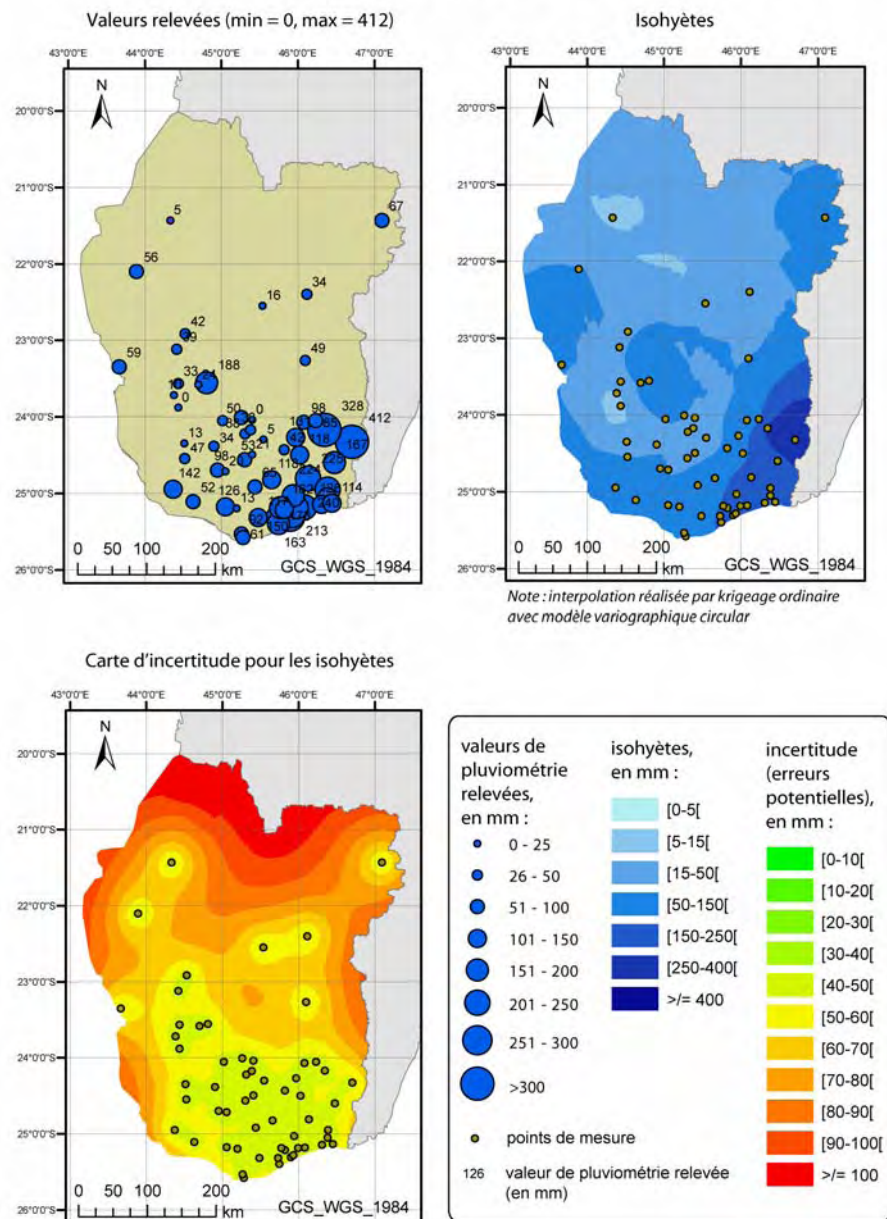


Figure 14. Exemple d'interpolation et de carte d'isohyètes (J.P. Borot, 2008).

4. Dynamique des populations acridiennes

4.1. Paramètres descriptifs

Les données acridiennes issues des prospections pentadaires ou décadaires des CPA sur les stations fixes des 25 PA mais aussi des prospections mensuelles itinérantes des CZA, comme toutes les signalisations validées constituent la matière première de l'information indispensable au SAV.

Là aussi, ces informations sont ponctuelles puisque issues d'observations sur les stations (dans un ou plusieurs biotopes élémentaires). Il s'agit donc de les transformer en informations surfaciques permettant de décrire la répartition spatiale de la structure des populations :

- **par espèce** : chaque situation LMC, NSE ou mélange doit être clairement identifiée et distinguée ;
- **par phase** : solitaire, transiens, grégaire ; une attention particulière doit être portée à la présence de solitaro-transiens qui permet d'identifier et de localiser les foyers de grégarisation ;
- **par phénologie** en retenant les stades significatifs en fonction du taxon, pour le Lmc : petites larves (Eclosion, L1, L2, L3), grandes larves (L4, L5), imagos, une catégorie particulière mérite d'être mentionnée : les jeunes imagos mous qui matérialisent les sites de reproduction réussie et soulignent un potentiel reproductif à surveiller ;
- **par densité**, soit pour un stade phénologique particulier, soit en équivalent imagos par espèce pour une appréciation globale du risque.

Pour chaque station, un tableau de suivi de la dynamique des populations de chaque espèce doit être réalisé, tant à Betioky que dans le PA correspondant.

A terme (minimum 10 à 15 ans, optimum 30 ans) des référentiels acridiens pourront être construits en fonction des unités éco-géographiques constituant l'aire grégarigène du *Locusta* ou celle de *Nomadacris*.

4.2. Cartes de potentiel acridien

L'information acridienne pour le mois de mars 2005

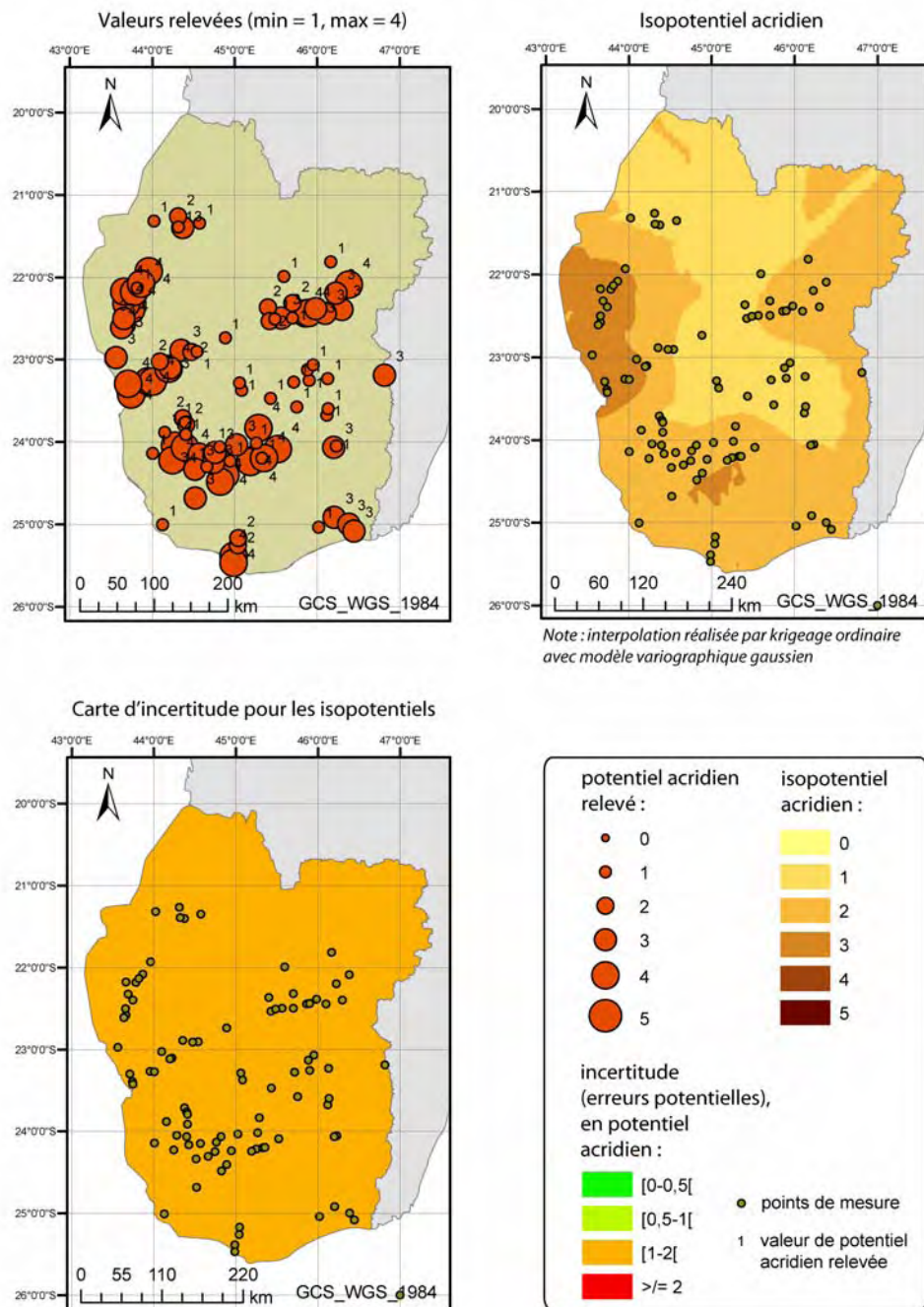


Figure 15. Exemple d'interpolation et de carte d'isopotential acridien (J.P. Borot, 2008).

5. Nécessaire qualité des données

5.1. Qualité des données indispensables

Pour être performant le SIG doit intégrer des données "de qualité" et il faut constamment garder présent à l'esprit que c'est le maillon le plus faible qui détermine la solidité globale d'une chaîne et en aucun cas le maillon le plus fort. La moindre faiblesse à quelque niveau que ce soit se répercute sur le résultat final. En première approximation, on peut retenir que les erreurs ou les défaillances ne se cumulent pas mais se multiplient, on arrive ainsi très rapidement à un seuil en deçà duquel il serait illusoire d'attribuer une quelconque fiabilité aux résultats "issus de la machine". Les défaillances de quelques uns sont malheureusement susceptibles de priver l'ensemble du dispositif des fruits des efforts consentis par la majorité.

Optimiser le rendement global passe par :

- une implantation judicieuse des postes pluviométriques dans l'AG et aux abords immédiats,
- une implantation judicieuse des postes acridiens dans l'AG en respectant une distribution harmonieuse et équilibrée entre les différents acrido-secteurs,
- un choix judicieux des stations-pilotes, des stations fixes (de diverses périodicités de visite),
- le respect scrupuleux de la périodicité préconisée des observations : quotidienne, pentadaire, décadaire, bimensuelle (par quinzaine), mensuelle....
- le respect scrupuleux de la périodicité préconisée pour la transmission des observations,
- le respect scrupuleux de la périodicité préconisée pour la saisie et l'analyse des données,
- l'exactitude des observations, c'est à dire la conformité des données transmises à la réalité du terrain,
- la fidélité dans le temps (un même phénomène est décrit de la même façon quelque soit l'heure ou la saison ou le niveau de fatigue du prospecteur sinon il n'y a plus de comparaison diachronique possible),
- la fidélité dans l'espace, tous les prospecteurs doivent décrire de la même façon un même phénomène sinon il n'y a plus de comparaison synchrone possible,
- une précision adéquate dans la description des phénomènes : le manque de précision ne doit jamais entacher l'exactitude d'une description et seules les décimales significatives méritent d'être retenues : par exemple, il est illusoire de fournir une pluviométrie avec une "précision" allant au delà du dixième de mm.

5.2. Standardisation des données

L'utilisation de fiches standardisées pour la collecte des données vise à aider le prospecteur à accéder au minimum indispensable : pour ne rien oublier qui puisse entraver la valorisation ultérieure du travail de terrain. En aucun cas l'usage de ces fiches ne doit émousser l'acuité des observations, le recto blanc des fiches permet au prospecteur de s'exprimer sans limite pour préciser sa pensée et détailler ses descriptions en les replaçant dans d'éventuels contextes particuliers.

Pour être pleinement exploitable toute observation doit être :

- chrono-référencée, c'est à dire porter mention de la date (jour, mois, année) et éventuellement l'heure de l'observation. Ultérieurement le chrono-référencement sera complété par l'affiliation à la décade et à la campagne correspondante lorsque la saison d'activité biologique recoupe l'année civile ;
- géo-référencée, c'est à dire être clairement localisée avec exactitude et précision, les coordonnées géographiques (longitude et latitude), en WGS 84 seront donc mentionnées soit en degrés, minutes, secondes (ddd°mm'ss") soit en degrés décimaux (ddd,dddd) mais avec 5 décimales. L'utilisation des noms de localité est INSUFFISANTE car de nombreuses localités portent le même nom et des noms différents peuvent être attribués à une même localité par des informateurs différents. L'altitude (en mètres au dessus du niveau de la mer) est une donnée complémentaire du géo-référencement trop souvent oubliée ce qui constitue une grave lacune pour les stations météorologiques ;
- taxo-référencée, toute observation biologique doit pouvoir être attribuée sans aucune ambiguïté à un taxon précis, en conséquence le nom d'espèce complet doit systématiquement être mentionné. En présence conjointe de plusieurs espèces, il faut indiquer la proportion d'individus appartenant à chaque taxon. Dans le cas des locustes l'appartenance taxonomique doit être

complétée par l'appartenance phasaire (solitaire, transiens ou grégaire). L'état phénologique (œuf, larve, imago) devrait également être indiqué systématiquement.

Il est utile de compléter ces informations par les nom et qualité de l'observateur.

6. Croisement des données : le SIG-LMC - un système d'information géographique pour la gestion préventive du risque d'invasion acridienne à Madagascar

Le présent système d'information géographique - le SIG-LMC - est centré sur l'aire grégarigène du Criquet migrateur, lieu privilégié des opérations de prévention destinées à empêcher le développement des invasions. Cet outil permet, mensuellement, de suivre la situation acridienne et de localiser les zones à risque de pullulation et de transformation phasaire du Criquet migrateur. Il repose sur la confrontation mensuelle de trois sources d'informations : hauteurs de pluies / densité, structure phénologique et état phasaire des populations acridiennes / distribution géographique des biotopes du Criquet migrateur. Ce SIG constitue un outil de surveillance et d'aide à la décision devant permettre, grâce aux cartes de risque acridien, de conduire plus efficacement les opérations de surveillance et de lutte préventive.

Les données d'entrée du SIG sont de deux ordres :

- les données sur les biotopes acridiens : répartition en surface des biotopes acridiens au sein de 90 régions naturelles délimitées dans l'aire grégarigène du Criquet migrateur à partir de l'analyse d'images du satellite LANDSAT (une quarantaine de types de biotopes ont été définis en fonction du couvert végétal et de l'hygrotophie) ;
- les données relevées mensuellement:
 - o hauteurs de pluies (collectées sur le réseau de postes pluviométriques) ;
 - o densités, stades phénologiques et états phasaires des populations acridiennes (collectées sur le terrain par les chefs de postes et chefs de zones acridiennes).

Des cartes isohyètes sont tout d'abord établies à partir des données pluviométriques. Leur croisement avec les régions naturelles (caractérisées, chacune, par une proportion de différents types de biotopes) permet d'aboutir à une **carte mensuelle des potentiels écologiques**. Il s'agit, au sein de chaque région naturelle, des pourcentages de surfaces plus ou moins favorables au développement du criquet migrateur en fonction des quantités de pluies reçues. Par ailleurs, l'analyse des données acridiennes permet de dresser une **carte mensuelle d'iso-potentiel acridien**. Il s'agit, schématiquement, d'une carte de répartition des populations acridiennes prenant en compte d'une manière synthétique l'ensemble des populations imaginaires et larvaires ainsi que leur état phasaire. Finalement, le croisement des deux cartes de potentiel écologique et de potentiel acridien permet d'obtenir une **carte mensuelle de risque acridien**.

Les sorties du SIG-LMC sont de quatre types :

- une carte isohyète mensuelle,
- une carte d'iso-densité acridienne, renseignant également sur le niveau phasaire des populations au niveau des stations acridiennes prospectées,
- une carte par niveau de risque (0 à 5) et une carte des surfaces par risque,
- un tableau récapitulatif des surfaces par niveau de risque et par région naturelle ainsi qu'un tableau des surfaces par risque dominant.

Les informations du mois en cours (diagnostic mensuel de la situation acridienne) peuvent être confrontées à celles des mois antérieurs afin d'affiner l'évaluation du risque de pullulation (séquences temporelles d'événements favorables).

Le diagnostic du risque étant établi en croisant 3 couches d'information dont deux (pluies, criquets) sont acquises par interpolation de données ponctuelles, la fiabilité de ces couches et, en

conséquence, celles des surfaces identifiées à risque dépend largement de la quantité et de la qualité de l'information en provenance du terrain (postes pluviométriques et acridiens). Afin de pouvoir évaluer le degré de fiabilité du diagnostic de situation acridienne, des méthodes d'interpolation géostatistiques permettent d'obtenir une estimation de l'incertitude associée aux interpolations, et donc à l'estimation du risque.

Au final, ce SIG - et la fiabilité de l'estimation du risque acridien - repose essentiellement sur un dispositif efficient de collecte de l'information de terrain. Seuls des relevés pluviométriques et acridiens réguliers et de qualité lui permettront de remplir sa fonction et d'assurer son rôle d'outil d'aide à la décision.

On trouvera dans les pages qui suivent, le mode d'emploi du SIG sous la forme de fiches qui en constituent la notice d'utilisation.


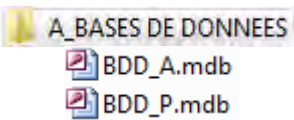
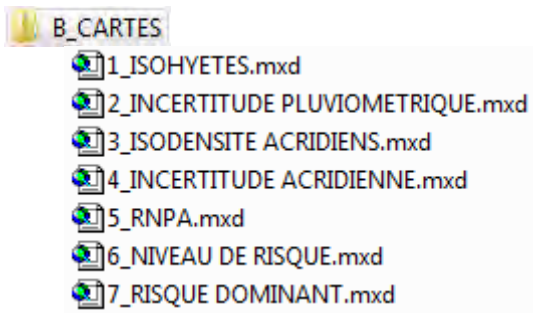
FICHE	THEME / ETAPE
Fiche n°1	Organisation du SIG et de l'architecture des données
Fiche n°2	Export et formalisation des données de base
Fiche n°3	Création de la carte isohyète
Fiche n°4	Création de la carte d'incertitude pluviométrique
Fiche n°5	Création de la carte d'iso-densité acridienne
Fiche n°6	Création de la carte d'incertitude des densités acridiennes
Fiche n°7	Croisement des informations et calcul du risque
Fiche n°8	Création de la carte des risques dominants
Fiche n°9	Création de la carte des niveaux de risque
ANNEXE 1	Préparation d'ArcMap pour l'utilisation du SIG
ANNEXE 2	Préparation d'Excel pour l'utilisation du SIG
ANNEXE 3	Détail des modèles d'automatisation
ANNEXE 4	Exemple de procédure manuelle pour la réalisation de la carte des Isohyètes





Fiche 1 : Organisation du SIG et de l'architecture des données

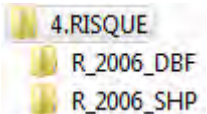
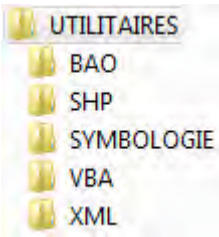
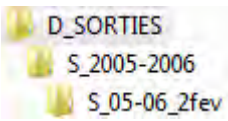
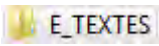
Données : Ne nécessite aucunes données.

Objectif : Importer l'architecture de données depuis le CD SIG-LMC et comprendre son fonctionnement.

Méthode : Copier le répertoire «SIG-LMC» et parcourir les dossiers depuis l'explorateur Windows.

Etapes	Manipulation
<u>1.Copier SIG-LMC</u>	<p>Ouvrez le CD «SIG-LMC».</p> <p>Positionnez vous sur le répertoire du même nom.</p> <p>Copiez le dossier «SIG-LMC» sur le disque «C»</p> <p style="text-align: center;">- - -</p>
<u>2.Parcourir l'architecture</u>	Ouvrez «SIG-LMC».
2.1 Squelette du SIG-LMC	<p>Ce répertoire contient 5 dossiers ordonnés pour l'utilisation du SIG.</p> 
2.2 Bases de données	<p>Entrez dans le répertoire «A_BASE_DE_DONNEES».</p> <p>Il y a deux bases de données relationnelles sources (acridienne et pluviométrique).</p>  <p>Les cartes de risque sont basées sur les données de ces deux fichiers.</p>
2.3 Cartes et projets ArcMap	<p>Entrez dans le répertoire «B_CARTES»</p>  <p>Il contient les 7 applications « ArcGIS » classées par ordre d'utilisation. Elles permettent de réaliser toutes les cartes mensuelles ainsi que le croisement des données pour le calcul de risque.</p>

Etapes	Manipulation
2.4 Repertoires de travail et outils	<p>Entrez dans le troisième répertoire «C_TRAVAUX»</p>  <p>Organisé en sous-dossiers correspondant aux étapes de travail, il contient aussi les données et outils de référence.</p>
Données pluviométriques	<p>Le sous dossier «1.PLUVIO» contient deux dossiers par an. Un pour stocker les DBF et l'autre pour les SHP.</p>  <p>Dans le dossier «P_aaaa_DBF» sont stockés les données exportées depuis la base de données pluviométrique.</p> <p>Dans le dossier «P_aaaa_SHP» sont stockés les données pluviométriques spatialisées dans «ArcMap» (Stations pluviométriques et isohyètes)</p>
Données acridiennes	<p>Le sous dossier «2.ACRIDO» contient aussi deux dossiers par an. Un pour les DBF et l'autre pour les SHP.</p>  <p>Dans le dossier «A_aaaa_DBF» sont stockés les données exportées depuis la base de données acridienne.</p> <p>Dans le dossier «A_aaaa_SHP» sont stockés les données acridiennes spatialisées dans «ArcMap» (Stations acridiennes, iso-densité acridienne et iso-potentiel acridien).</p>
Croisement des données	<p>Le sous dossier «3.RNPA» ne contient qu'un dossier par an.</p>  <p>Il stocke les géométries relatives au croisement des données acridiennes et pluviométriques. Les géométries des régions naturelles croisées avec les isohyètes conduisent à la couche «RNP_aaaa_mm.SHP». Celle-ci, croisée avec les iso-potentiels acridiens, aboutit à «RNPA_aaaa_mm.SHP».</p> <p>Ces unités naturelles pluviométriquement et acridologiquement homogènes servent de base au calcul de risque.</p>

Etapas	Manipulation
<p>Risque acridien</p> <p>Les outils de travail</p> <p>2.5 Les cartes et les tableaux produits</p> <p>2.6 Les écrits</p>	<p>Le sous dossier «4.RISQUE» contient deux dossiers par an.</p>  <p>Il stocke les géométries du risque mensuel ainsi que les calculs matriciels au format DBF. le fichier DBF sert à faire la jointure avec les RNPA pour enregistrer le fichier de forme du risque.</p> <p>Le sous dossier «UTILITAIRE» contient cinq dossiers.</p>  <ul style="list-style-type: none"> ✓ «BAO» (Boite A Outils) contient les outils pour le fonctionnement du SIG. ✓ «SHP» contient les référentiels géographiques (Régions naturelles, Chefs-lieux de Zone, Aires acridiennes). ✓ «SYMBOLOGIE» stock les représentations thématiques des couches du SIG. ✓ «VBA» stock les scripts qui permettent l'automatisation du calcul de risque. ✓ «XML» contient les paramètres d'interpolations pour la réalisation des cartes de prévisions et d'incertitude pluviométriques et acridiennes. <p>Entrez dans le quatrième répertoire «D_SORTIES»</p> <p>Il stock les cartes et tableaux au format PDF et les calculs de risque au format .XLS.</p>  <p>Un dossier mensuel contient 8 documents :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 1 carte isohyète au format PDF, ✓ 1carte d'incertitude pluviométrique au format PDF, ✓ 1carte d'iso-densité acridienne au format PDF, ✓ 1carte d'incertitude acridienne au format PDF, ✓ 1 tableau des niveaux de risque au format PDF, ✓ 1carte des risques dominants au format PDF, ✓ 1carte des niveaux de risques au format PDF. ✓ 1 feuille de calcul de risque au format Excel, <p>Enfin, entrez dans le cinquième répertoire «E_TEXTES»</p>  <p>Il compile les écrits du SIG-LMC : le rapport de monsieur T.ANDRIAMAROAHINA, le rapport de monsieur J.B.BOROT ainsi que la présente notice d'utilisation du SIG-LMC.</p>

Fiche 2 : Export et formalisation des données de base

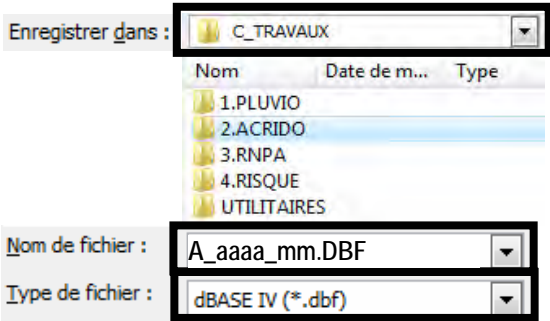

Données : Base de données acridiennes et base de données pluviométrique Access 2003.

Objectif : Exporter les données acridiennes et pluviométriques mensuelles de base au format DBF depuis les BDD Access 2003.

Méthode : Utilisation du formulaire pour réaliser une requête de sélection des données mensuelles.
Export au format DBF pour archivage dans le répertoire approprié.

Etapes	Manipulation																																																														
<p><u>1.Sélection des données a partir des formulaires</u></p> <p>1.1 Extraction des données pluviométrique</p> <p>Choisissez la procédure</p>	<p>La sélection des données pluviométriques et acridiennes se font à partir de formulaires qui exécutent des requêtes SQL dans les bases de données Access 2003.</p> <p>Dans le dossier «C:\SIG_LMCIA_BASES DE DONNEES», double-cliquez sur la base de données pluviométrique «BDD_P.mdb». A l'ouverture, un formulaire vous accueil.</p> <div><div>Bienvenue dans la base de données météorologiques</div><div><div>Vous voulez entrer des nouveaux enregistrements décadaires ...</div><div>Vous voulez entrer des nouveaux enregistrements mensuels ...</div><div>Vous voulez mettre à jour vos données pluviométriques du mois et année ...</div><div>Vous voulez les données pluviométriques de décade numéro ...</div><div>Vous demandez les données pluviométriques du mois et de l'année ...</div><div>Fermer et quitter la BD MTO</div></div></div> <p>Cliquez sur «Vous demander les données pluviométriques du mois et de l'année...». Un nouveau formulaire s'ouvre pour sélectionner les données mensuelles.</p> <div><div>Ceci affiche la pluviométrie du mois et de l'année que vous demandez</div><div>Fermer</div><div><div>Année : 2007 Mois : 3</div><table><thead><tr><th>Station</th><th>Pluviometrie</th><th>Nombre de jour</th></tr></thead><tbody><tr><td>Manja</td><td>35</td><td>6</td></tr><tr><td>Ilemby</td><td>8.6</td><td>1</td></tr><tr><td>Satrokala</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Andiolava</td><td>21.7</td><td>1</td></tr><tr><td>Benato Toby</td><td>58.8</td><td>3</td></tr><tr><td>Ranchira</td><td>17.9</td><td>6</td></tr><tr><td>Fotivolo</td><td>37</td><td>2</td></tr><tr><td>Mahaboboka</td><td>36.2</td><td>6</td></tr></tbody></table><div>Créer la table du mois</div></div></div> <p>Sélectionnez l'année et le mois et cliquez sur «Créer la table du mois» . Un tableau s'ouvre avec les données pluviométriques. Contrôlez les champs présents :</p> <table><thead><tr><th>X</th><th>Y</th><th>Station</th><th>annee</th><th>mois</th><th>pluvio</th><th>nb_jrs_pluie</th></tr></thead><tbody><tr><td>41,0000000000</td><td>-21,1000000000</td><td>Manja</td><td>2007</td><td>3</td><td>35</td><td>6</td></tr><tr><td>45,1094000000</td><td>-22,4485000000</td><td>Ilemby</td><td>2007</td><td>3</td><td>8,6</td><td>1</td></tr><tr><td>45,7124000000</td><td>-22,3323000000</td><td>Satrokala</td><td>2007</td><td>3</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>45,6240000000</td><td>-22,5026000000</td><td>Andiolava</td><td>2007</td><td>3</td><td>21,7</td><td>1</td></tr></tbody></table>	Station	Pluviometrie	Nombre de jour	Manja	35	6	Ilemby	8.6	1	Satrokala	0	0	Andiolava	21.7	1	Benato Toby	58.8	3	Ranchira	17.9	6	Fotivolo	37	2	Mahaboboka	36.2	6	X	Y	Station	annee	mois	pluvio	nb_jrs_pluie	41,0000000000	-21,1000000000	Manja	2007	3	35	6	45,1094000000	-22,4485000000	Ilemby	2007	3	8,6	1	45,7124000000	-22,3323000000	Satrokala	2007	3	0	0	45,6240000000	-22,5026000000	Andiolava	2007	3	21,7	1
Station	Pluviometrie	Nombre de jour																																																													
Manja	35	6																																																													
Ilemby	8.6	1																																																													
Satrokala	0	0																																																													
Andiolava	21.7	1																																																													
Benato Toby	58.8	3																																																													
Ranchira	17.9	6																																																													
Fotivolo	37	2																																																													
Mahaboboka	36.2	6																																																													
X	Y	Station	annee	mois	pluvio	nb_jrs_pluie																																																									
41,0000000000	-21,1000000000	Manja	2007	3	35	6																																																									
45,1094000000	-22,4485000000	Ilemby	2007	3	8,6	1																																																									
45,7124000000	-22,3323000000	Satrokala	2007	3	0	0																																																									
45,6240000000	-22,5026000000	Andiolava	2007	3	21,7	1																																																									

Etapes	Manipulation																																																												
Archiver les données	<p>Allez dans le menu «Fichier» / «Exporter...».</p> <div><p>Enregistrer dans : C_TRAVAUX</p><table><thead><tr><th>Nom</th><th>Date de m...</th><th>Type</th></tr></thead><tbody><tr><td>1.PLUVIO</td><td></td><td></td></tr><tr><td>2.ACRIDO</td><td></td><td></td></tr><tr><td>3.RNPA</td><td></td><td></td></tr><tr><td>4.RISQUE</td><td></td><td></td></tr><tr><td>UTILITAIRES</td><td></td><td></td></tr></tbody></table><p>Nom de fichier : P_aaaa_mm.DBF</p><p>Type de fichier : dBASE IV (*.dbf)</p><p>Fermez Access.</p></div>	Nom	Date de m...	Type	1.PLUVIO			2.ACRIDO			3.RNPA			4.RISQUE			UTILITAIRES																																												
Nom	Date de m...	Type																																																											
1.PLUVIO																																																													
2.ACRIDO																																																													
3.RNPA																																																													
4.RISQUE																																																													
UTILITAIRES																																																													
EXPORTER EN DBF	Assurez vous d'exporter en DBF à la bonne date dans «C:\SIG_LMC\C_TRAVAUX\1.PLUVIO\P_aaaa_DBF».																																																												
<p>1.2 Extraction des données acridiennes</p> <p>Choisissez le processus de selection</p> <p>Selctionnez la période</p> <p>Consultez les données</p>	<p>Dans le dossier «C:\SIG_LMC\BASES DE DONNEES», double-cliquez sur la base de données acridienne «BDD_A.mdb». A l'ouverture, un formulaire vous accueil.</p> <div><p>BIENVENUE DANS LA BASE DE DONNEES ACRIDIENNES DU SSA- CNA -</p><p>Vous voulez entrer des nouvelles données</p><p>Vous voulez mettre à jour les valeurs de potentiels acridiens</p><p>Vous voulez avoir le potentiel acridien du mois et année pour le SIG</p><p>Vous voulez avoir des informations sur la nature des populations</p><p>Quitter la BD Acridienne</p></div> <p>Cliquez sur «Vous voulez avoir le potentiel acridien du mois et année pour le SIG». Un nouveau formulaire s'ouvre pour sélectionner les données mensuelles.</p> <div><p>Ceci affiche les valeurs de potentiel acridien de la campagne et du mois ...</p><p>Fermer</p><p>Campagne : 2005-2006 Mois : 2</p><table><thead><tr><th>Station</th><th>Potentiel acridien</th></tr></thead><tbody><tr><td>Anarafaly (Ambov)</td><td>1</td></tr><tr><td>Ankirikiriky (Tsivo)</td><td>2</td></tr><tr><td>Ankitry</td><td>3</td></tr><tr><td>Behoake (Tsivo)</td><td>2</td></tr><tr><td>Ambazoa (Ambov)</td><td>2</td></tr></tbody></table><p>Crée la table potentiel acridien</p></div> <p>Sélectionnez la campagne, le mois et cliquez sur «Crée la table potentiel acridien» Un tableau s'ouvre avec les données acridiennes. Vérifiez que les champs suivant sont présents :</p> <table><thead><tr><th></th><th>Id_station</th><th>X</th><th>Y</th><th>S</th><th>T</th><th>G</th><th>Campagne</th><th>mois</th><th>Classe_d</th><th>GR</th><th>Pt_acrid</th></tr></thead><tbody><tr><td></td><td>4</td><td>46,206</td><td>-24,92</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>2005-2006</td><td>2</td><td>2</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td></td><td>8</td><td>46,385</td><td>-25</td><td>20</td><td>70</td><td>10</td><td>2005-2006</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>2</td></tr><tr><td></td><td>9</td><td>46,339</td><td>-25,09</td><td>0</td><td>100</td><td>0</td><td>2005-2006</td><td>2</td><td>3</td><td>5</td><td>3</td></tr></tbody></table>	Station	Potentiel acridien	Anarafaly (Ambov)	1	Ankirikiriky (Tsivo)	2	Ankitry	3	Behoake (Tsivo)	2	Ambazoa (Ambov)	2		Id_station	X	Y	S	T	G	Campagne	mois	Classe_d	GR	Pt_acrid		4	46,206	-24,92	0	0	0	2005-2006	2	2	1	1		8	46,385	-25	20	70	10	2005-2006	2	3	4	2		9	46,339	-25,09	0	100	0	2005-2006	2	3	5	3
Station	Potentiel acridien																																																												
Anarafaly (Ambov)	1																																																												
Ankirikiriky (Tsivo)	2																																																												
Ankitry	3																																																												
Behoake (Tsivo)	2																																																												
Ambazoa (Ambov)	2																																																												
	Id_station	X	Y	S	T	G	Campagne	mois	Classe_d	GR	Pt_acrid																																																		
	4	46,206	-24,92	0	0	0	2005-2006	2	2	1	1																																																		
	8	46,385	-25	20	70	10	2005-2006	2	3	4	2																																																		
	9	46,339	-25,09	0	100	0	2005-2006	2	3	5	3																																																		

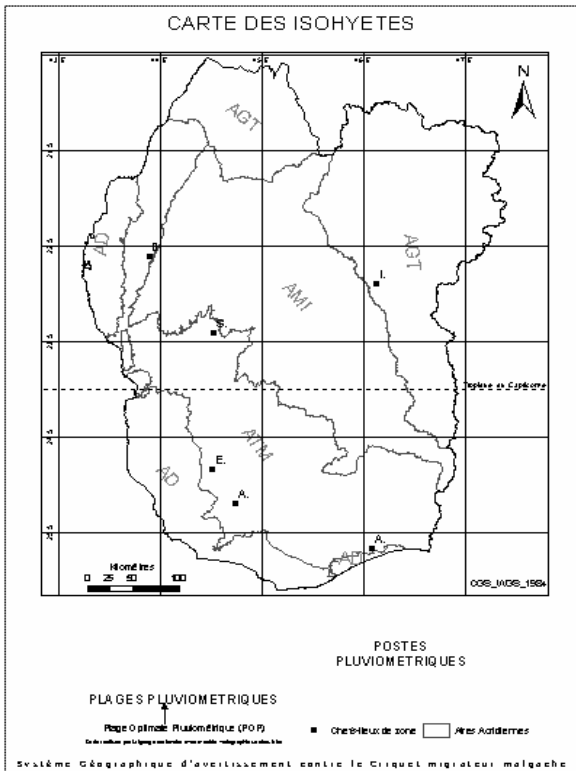

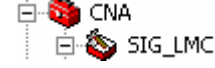
Etapas	Manipulation
Archiver les données	<p>Allez dans le menu «Fichier» / «Exporter...».</p> 
EXPORTER EN DBF	Assurez vous d'exporter en DBF à la bonne date dans «C:\SIG_LMC\C_TRAVAUX\2.ACRIDOA_aaaa_DBF»
Quitter Access	 Fermez Access.

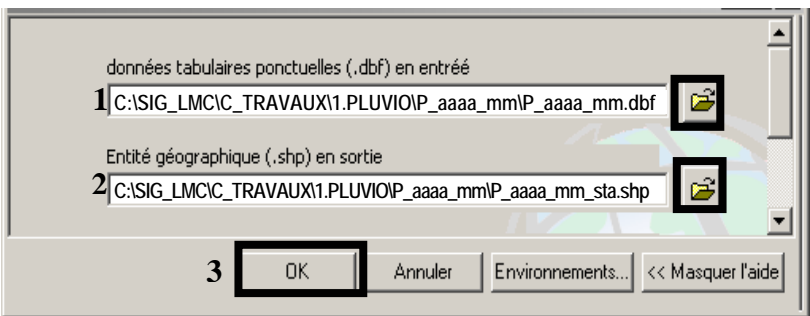
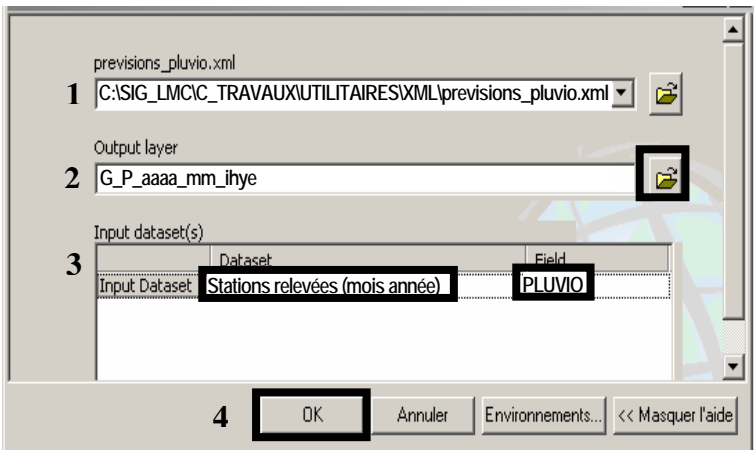
Fiche 3 : Création de la carte isohyète

Données : Fichier DBF mensuelle des données pluviométriques.

Objectif : Réalisation de la carte isohyète.

Méthode : Import du DBF et création des points des stations pluviométriques. Création de la carte de prévision par interpolation géostatistiques. Export du grid d'interpolation au format .SHP et finalisation de la mise en page.

Etapes	Manipulation
<p><u>1.Ouverture de la carte</u> <u>1_ISOHYETES.mxd</u></p> <p>Ouverture d'ArcMap</p>	<p>Allez dans le dossier «C:\SIG_LMC\B_CARTES». Sélectionnez le fichier «1_ISOHYETES.mxd».</p> <div data-bbox="619 813 1197 1581">  </div> <div data-bbox="446 1612 740 1859"> <p>Couches</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Chefs-lieux de zone <input checked="" type="checkbox"/> Tropique du capricorne <input checked="" type="checkbox"/> Aire Gregarigene <input checked="" type="checkbox"/> Aires Acridiennes </div> <p>Constatez que la carte ne contient que les couches de référence.</p> <p>Remarquez aussi qu'une mise en page est déjà prête pour créer la carte isohyète.</p> <p>Ouvrez l'ArcToolbox  et sélectionnez CNA puis SIG-LMC.</p> <div data-bbox="670 1937 885 2004">  </div> <p>---</p>

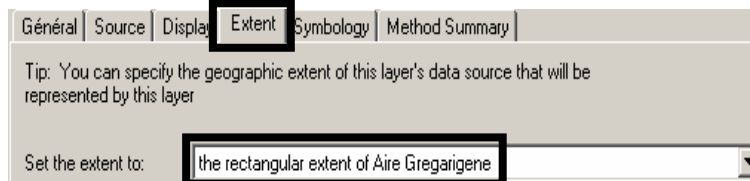
Etapas	Manipulation
<p><u>2.Importer le DBF et créez le SHP</u></p>	<p>Ouvrez l'outil «1 DBF_TO_SHP» dans SIG-LMC» Une nouvelle fenêtre apparaît.</p>  <ol style="list-style-type: none"> 1. Spécifiez le DBF en entrée : «C:\SIG_LMC\C_TRAVAUX\1.PLUVIO\P_aaaa_DBF\P_aaaa_mm.dbf», 2. Spécifiez le SHP en sortie : «C:\SIG_LMC\C_TRAVAUX\1.PLUVIO\P_aaaa_SHP\P_aaaa_mm_sta.shp», 3. «OK». <p>Vérifiez la cohérence des données et renommez la couche de points en «Stations relevées (Mois Année)».</p> <p style="text-align: center;">---</p>
<p><u>3.Réaliser l'interpolation</u></p> <p>Ouvverture de l'outil</p>	<p>Ouvrez l'outil «2.1 STA-P => GRID*ISO». Une nouvelle fenêtre apparaît.</p>  <ol style="list-style-type: none"> 1. Vérifiez les paramètres d'interpolation en entrée : previsions_pluvio.xml, 2. Nommez le grid en sortie : «G_P_aaaa_mm_ihye», 3. Spécifiez le SHP utilisé et le champ d'interpolation Utilisez «Stations relevées (Mois Année)» et le champ «PLUVIO», 4. «OK». <p>L'interpolation est réalisée mais son emprise se limite au rectangle englobant des stations acridiennes et les classes créées ne correspondent pas aux classes de densité.</p> <p style="text-align: center;">---</p>

Etapes

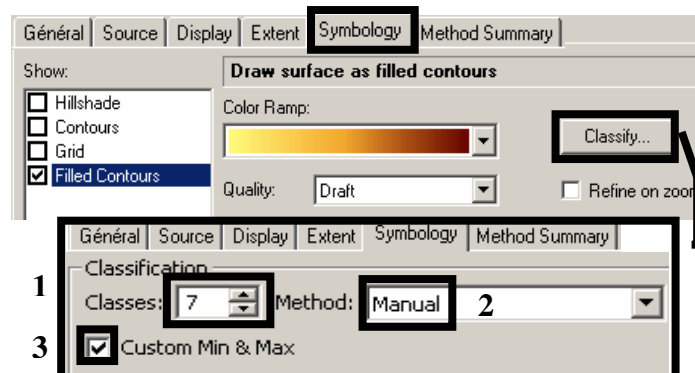
Manipulation

4. Classification & étendue

Allez dans les **propriétés** de «G_P_aaaa_mm_ihye». Dans l'onglet «Etendue» utilisez l'étendue de l'aire grégorigène.



Dans l'onglet «**Symbologie**», positionnez-vous sur la catégorie «**contours pleins**» et cliquez sur «**classer**».



1. Faites 7 classes,
2. Optez pour une méthode de classification manuelle,
3. Personnalisez les minimums et maximums.

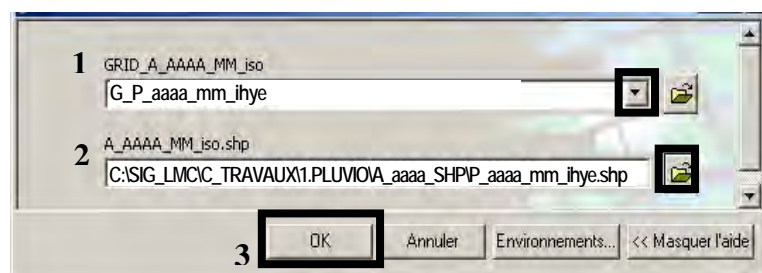
[Min]	0,000000
1	5,000000
2	15,000000
3	50,000000
4	150,000000
5	250,000000
6	400,000000
[Max]	2000,000000

Définissez les bornes de chaque classe comme ci-contre.

...

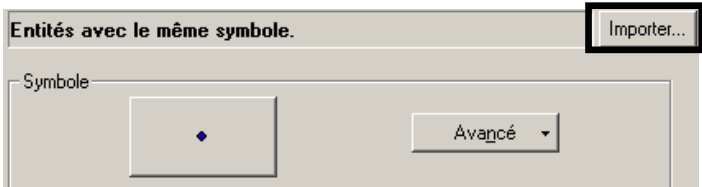
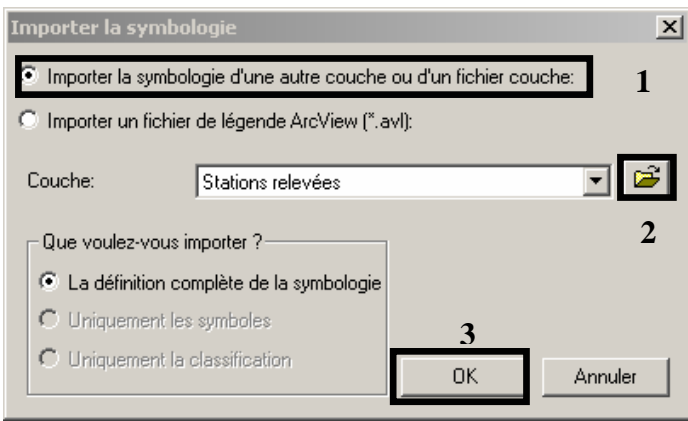
5. Export du grid en SHP, réalisation de la symbologie et découpage de l'aire d'étude

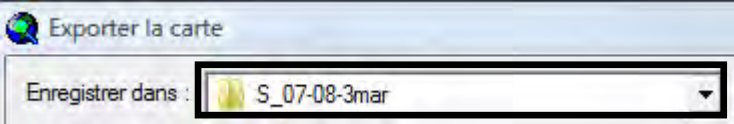
Pour cette étape, utilisez l'outil «3.1 GRID*ISO => SHP*ISO-H».



1. Sélectionnez le **grid** créé en utilisant le menu déroulant,
2. Spécifiez le SHP de sortie :
«C:\SIG_LMC\C_TRAVAUX\1.PLUVIO\A_aaaa_SHP\A_aaaa_mm_ihye»,
3. «OK».

Renommez le SHP «Isohyètes (Mois Année)» et constatez qu'un champ «pluvio» a été ajouté à la table attributaire.

Etapes	Manipulation
<p>6.Finalisation de la mise en page</p> <p>Importer la symbologie</p>	<p>Double-cliquez sur la couche «Stations relevées (Mois Année)». Allez dans l'onglet «symbologie» et cliquez sur «importer...».</p>  <p>Dans la nouvelle fenêtre :</p>  <ol style="list-style-type: none"> 1. Cochez la première option, 2. Parcourez les dossiers et chargez le fichier, «C:\SIG_LMC\C_TRAVAUX\UTILITAIRES\SYMBOLOGIE\stations relevées.lyr», 3. «OK».
<p>Formalisation de la légende</p>	<p>Déplacez «P_aaaa_mm_ihye» sous toutes les autres couches et veillez à bien faire apparaître les Chefs-lieux de zone ainsi que les aires acridiennes.</p> <p>Double-cliquez sur le bloc «PLAGES PLUVIOMETRIQUES» et enlevez tous les éléments << ajoutez seulement l'élément «Isohyètes Mois Année» >>.</p> <p>Cliquez sur «Style...» et choisissez «Horizontal Bar with Heading, Labels, and Description», toujours dans la même fenêtre cliquez sur «Propriétés...» et cochez «Afficher le nom de la couche» et «Afficher l'en-tête». Cliquez sur «Symbole d'en-tête» et réduisez la police à «10».</p> <p>Cliquez sur «OK» quatre fois pour appliquer les changements.</p> <p>Réalisez les mêmes opérations avec le bloc de légende «POSTES PLUVIOMETRIQUES» en ajoutant uniquement la couche «Stations relevées (Mois Année)». Ne changez pas le style de légende.</p>

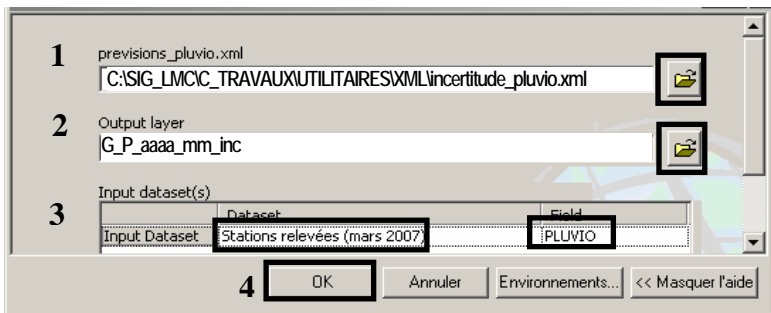
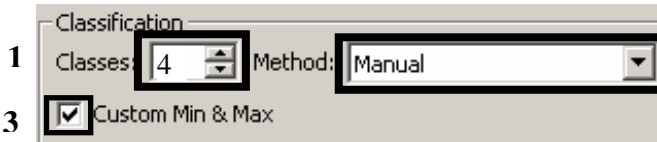
Etapes	Manipulation
<p><u>7.Export en PDF</u></p>	<p>Allez dans «Fichier / exporter la carte» :</p>  <p>Spécifiez le dossier dans lequel vous allez enregistrer la carte au format PDF : «C:\SIG_LMC\ID_SORTIES\S_aaaa-aaaa»</p> <p>Nom du fichier : 1_ISOHYETES Aaaa_mm.pdf Type : PDF (*.pdf)</p> <p>Nommez le fichier «1_ISOHYETES aaaa_mm.pdf» et exporter la carte sans modifier les paramètres d'export.</p>

Fiche 4 : Création de la carte d'incertitude pluviométrique

Données : Stations pluviométriques au format SHP.

Objectif : Réalisation de la carte d'incertitude pluviométrique.

Méthode : Création de la carte d'incertitude par interpolation géostatistiques. Export du grid d'interpolation au format .SHP et finalisation de la mise en page

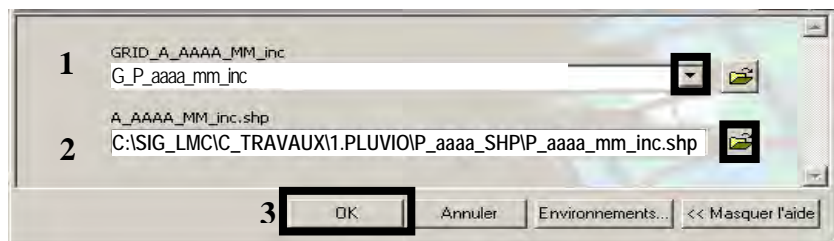
Etapes	Manipulation																				
<u>1. Import des données pluviométriques et réalisation de l'interpolation</u>	<p>Allez dans le dossier «C:\SIG_LMC\B_CARTES». Ouvrez la carte «2_INCERTITUDE PLUVIOMETRIQUE.mxd» et importez «P_aaaa_mm_sta.shp». Renommez-le «Stations relevées (Mois Années)»</p> <p>Ouvrez l'outil «2.2 STA-P => GRID*ISO-INC». Une nouvelle fenêtre apparaît.</p>  <ol style="list-style-type: none">Vérifiez les paramètres d'interpolation : incertitude_pluvio.xml,Nommez le grid en sortie : «G_P_aaaa_mm_inc»,Spécifiez le SHP utilisé et le champ d'interpolation. Utilisez «Stations relevées (Mois Années)» et le champ «PLUVIO»,«OK». <p>---</p>																				
<u>2. Classification & étendue</u>	<p>Allez dans les propriétés de «G_P_aaaa_mm_inc», dans l'onglet «Etendue» utilisez l'aire grégarigène.</p> <p>Dans l'onglet «Symbologie», positionnez-vous sur la catégorie «contours pleins» et cliquez sur «classer».</p>  <ol style="list-style-type: none">Faites 4 classes,Optez pour une méthode de classification manuelle,personnalisez les minimums et maximums. <table><tr><th></th><th>[Min]</th><th></th><th></th></tr><tr><td>1</td><td>0,000000</td><td>2</td><td>2,000000</td></tr><tr><td>2</td><td>2,000000</td><td>3</td><td>3,000000</td></tr><tr><td>3</td><td>3,000000</td><td></td><td>4,000000</td></tr><tr><td></td><td></td><td>[Max]</td><td>8,000000</td></tr></table> <p>Définissez les bornes de chaque classe comme ci-contre.</p> <p>Cliquez deux fois sur «OK»</p> <p>---</p>		[Min]			1	0,000000	2	2,000000	2	2,000000	3	3,000000	3	3,000000		4,000000			[Max]	8,000000
	[Min]																				
1	0,000000	2	2,000000																		
2	2,000000	3	3,000000																		
3	3,000000		4,000000																		
		[Max]	8,000000																		

Etapes

Manipulation

3. Export du grid en SHP et réalisation de la symbologie

Ouvrez l'outil «3.2 GRID*ISO-INC => SHP*INC-P»

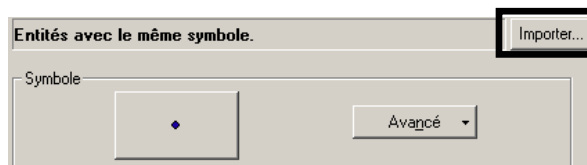


1. Sélectionnez le grid créé en utilisant le menu déroulant,
2. spécifiez le SHP de sortie :
«C:\SIG_LMC\C_TRAVAUX\1.PLUVIO\I_P_aaaa_SHP\I_P_aaaa_mm_inc.shp»
3. «OK».

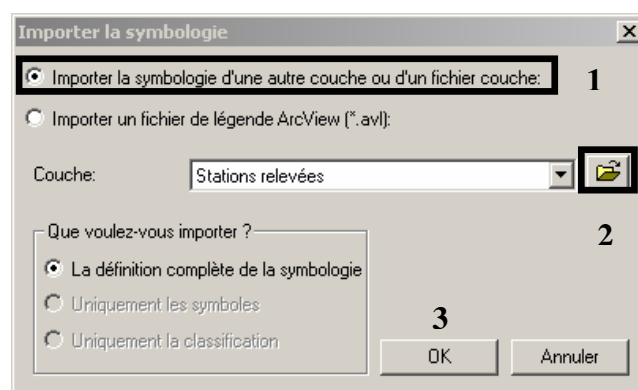
4.Finalisation de la mise en page

Déplacez «P_aaaa_mm_inc.shp» sous toutes les autres couches et veillez à bien faire apparaître les Chefs-lieux de zone ainsi que les aires acridiennes.

Double-cliquez sur la couche «Stations relevées (Mois Année)». Allez dans l'onglet «Symbologie» et cliquez sur «Importer...»



Dans la nouvelle fenêtre :



4. Cochez la première option,
5. Parcourez les dossiers et chargez le fichier
«C:\SIG_LMC\C_TRAVAUX\UTILITAIRES\SYMBOLOGIE\ stations relevées.lyr»
6. «OK».

Renommez la couche «P_aaaa_mm_inc», «Incertitude pluviométrique (Mois Année)», et placez cet élément dans le bloc de légende «PLAGES D'INCERTITUDE PLUVIOMETRIQUES» et «P_aaaa_mm_sta.shp» dans le bloc «POSTES PLUVIOMETRIQUES»

Etapes

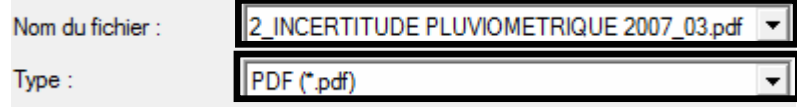
Manipulation

5. Export en PDF

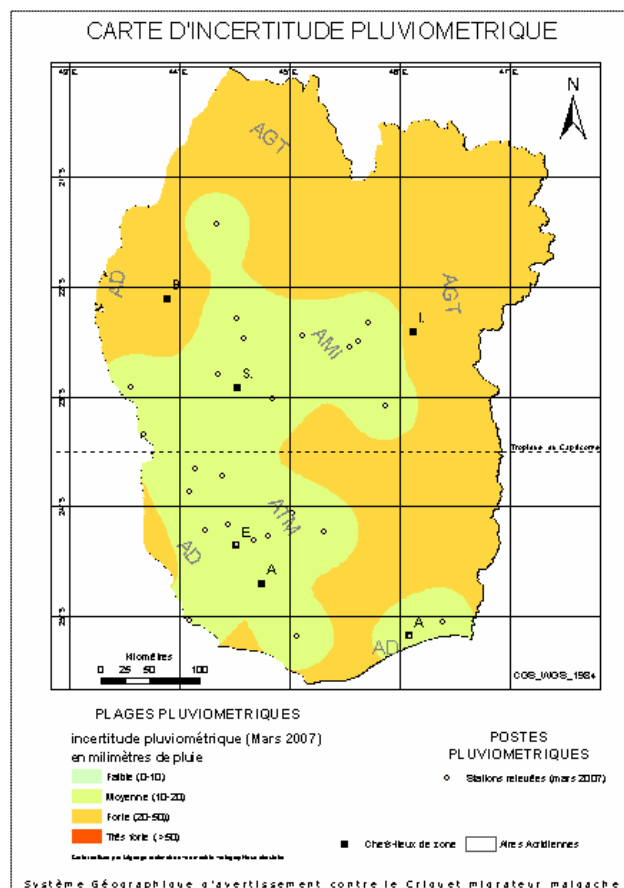
Allez dans «Fichier / exporter la carte» :



Spécifiez le dossier dans lequel vous allez enregistrer la carte au format PDF :
«C:\SIG_LMC\ID_SORTIES\S_aaaa-aaaa»



Nommez le fichier «2_INCERTITUDE PLUVIOMETRIQUE aaaa_mm.pdf»

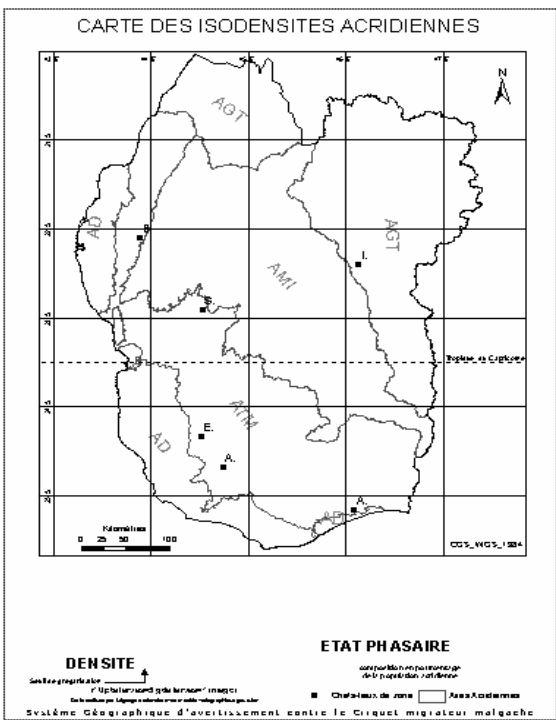





Fiche 5 : Création de la carte d'iso-densité acridienne

Données : Fichier DBF mensuelle des données acridiennes.

Objectif : Réalisation et édition de la carte d'iso-densité acridienne.
Calcul des géométries de l'iso-potential acridien (non édité).

Méthode : Import du DBF, création des points des stations acridiennes et création du grid de prévision des densités acridiennes par interpolation géostatistique.
Export du grid d'interpolation des densités au format .SHP
Réalisation de la mise en page et export de la carte d'iso-potential
Création des prévision des potentiels acridiens par interpolation géostatistique et export du grid d'interpolation des potentiels au format .SHP

Etapes	Manipulation
<p><u>1.Ouverture de la carte</u> <u>3 ISODENSITE</u> <u>ACRIDIENS.mxd</u></p> <p>Ouverture d'ArcMap</p>	<p>Allez dans le dossier «C:\SIG_LMC\B_CARTES». Sélectionnez le fichier «3_ISODENSITE ACRIDIENS.mxd»</p>  <p>Couches</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Chefs-lieux de zone <input checked="" type="checkbox"/> Tropique du capricorne <input checked="" type="checkbox"/> Aire Gregarigene <input checked="" type="checkbox"/> Aires Acridiennes <p>La carte ne contient que les couches de référence.</p> <p>La mise en page est déjà prête pour créer la carte d'iso-densité acridienne.</p> <p>Ouvrez l'ArcToolbox  et sélectionnez CNA puis SIG-LMC.</p> <p> CNA</p> <p> SIG_LMC</p>

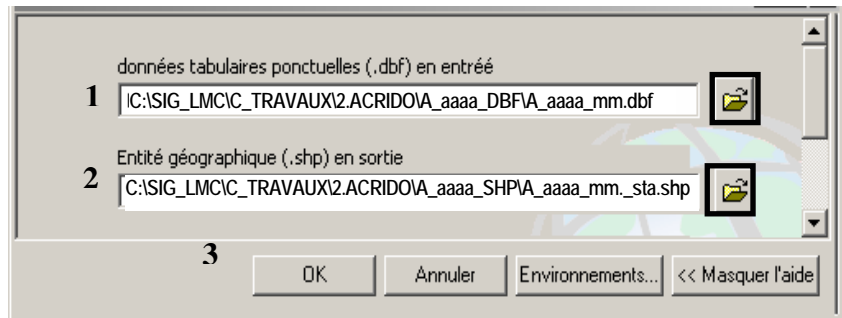


Etapes

Manipulation

2.Importer le DBF et créez le SHP

Ouvrez l'outil «1.2 DBF => SHP» dans la boîte à outils.

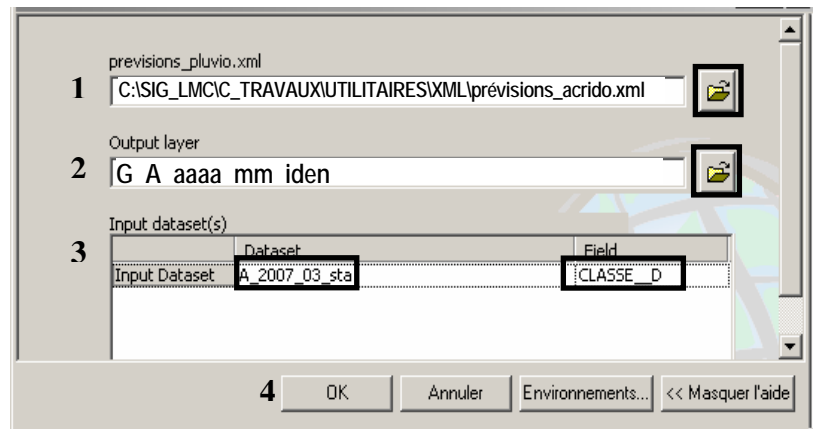


1. Spécifiez le DBF en entrée :
«C:\SIG_LMC\C_TRAVAUX\2.ACRIDO\A_aaaa_DBF\A_aaaa_mm.dbf»
2. Spécifiez le SHP en sortie :
«C:\SIG_LMC\C_TRAVAUX\2.ACRIDO\A_aaaa_SHP\A_aaaa_mm_sta.shp»
3. «OK»

Vérifiez la cohérence des données

3.Réaliser l'interpolation

Ouvrez l'outil «2.3 STA-A => GRID*DEN» dans SIG-LMC.



1. Spécifiez les paramètres d'interpolation en entrée:
«C:\SIG_LMC\C_TRAVAUX\UTILITAIRES\XML\previsions_acrido.xml»,
2. Nommez le grid en sortie : «G_A_aaaa_mm_iden»,
3. Spécifiez le SHP utilisé et le champ d'interpolation :
Utilisez «A_aaaa_mm_sta» et le champ «CLASSE_D»,
4. «OK».

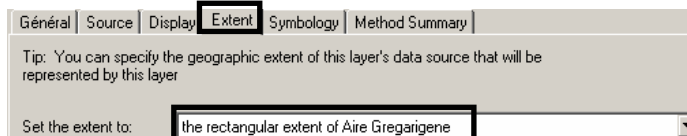
L'interpolation est réalisée mais son emprise se limite au rectangle englobant des stations acridiennes et les classes créées ne correspondent pas aux classes de densité.

Etapes

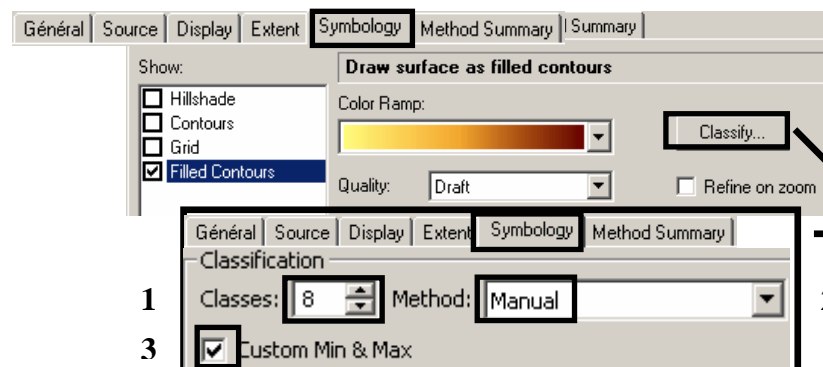
Manipulation

4. Classification & étendue

Allez dans les propriétés de «G_A_aaaa_mm_iden». Dans l'onglet «Etendue» utilisez l'étendue de l'aire grégarigène.



Dans l'onglet «Symbologie», positionnez-vous sur la catégorie «contours pleins» et cliquez sur «classer».



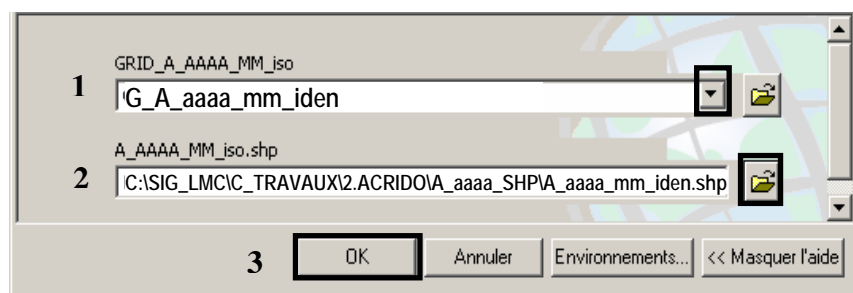
1. Faites 8 classes,
2. Optez pour une méthode de classification manuelle,
3. Personnalisez les minimums et maximums.

	[Min]		
1	0.000000		
2	1.000000		
3	2.000000		
4	3.000000		
5	4.000000		
6	5.000000		
7	6.000000		
	7.000000		
	[Max]		8.000000

Définissez les bornes de chaque classe comme ci-contre.

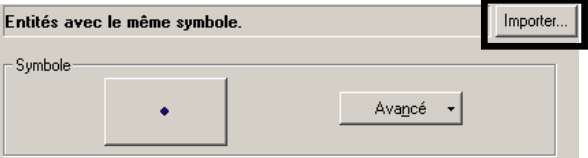
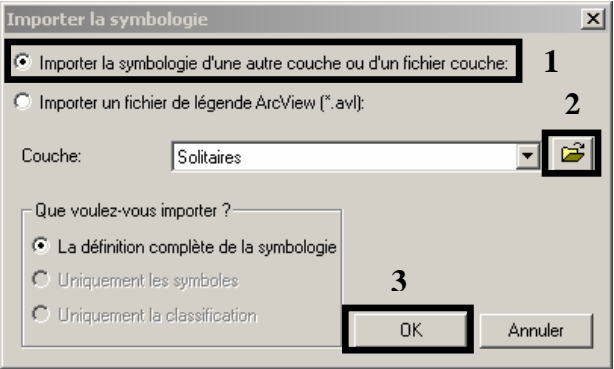
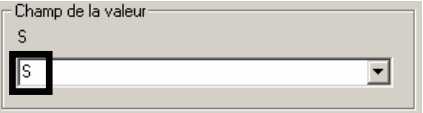
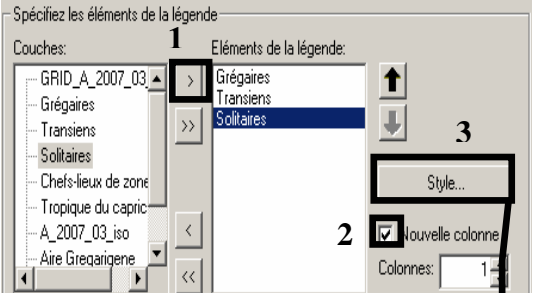

5. Export du grid en SHP et réalisation de la symbologie

Pour cette étape, utilisez l'outil «3.3 GRID*DEN => SHP*ISO-D»



1. Sélectionnez le grid créé en utilisant le menu déroulant,
2. spécifiez le SHP de sortie :
«C:\SIG_LMC\C_TRAVAUX\2.ACRIDOA_aaaa_SHP\A_aaaa_mm_iden»,
3. «OK».

Renommez le SHP «Iso-densité Acridienne (Mois Année)» et constatez qu'un champ «acrido» a été ajouté à la table attributaire.

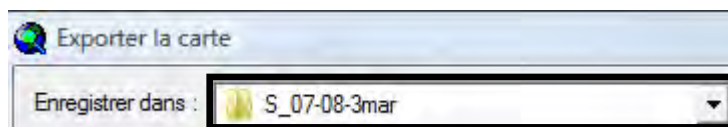
Etapas	Manipulation						
<p>6.Finalisation de la mise en page</p> <p>symbologie particulière pour l'état phasaire</p> <p>Import de la symbologie</p> <p>Organisation des couches & Formalisation de la légende</p>	<p>Afficher 3 fois la couche des stations acridienne. Double-cliquez sur une des 3 couche. Dans l'onglet «symbologie», cliquez sur «importer...»</p>  <p>Dans la nouvelle fenêtre :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cochez la première option, 2. Parcourez les dossiers et chargez le fichier «C:\SIG_LMC\IC_TRAVAUX\UTILITAIRES\SYMBOLOGIE\Solitaires.lyr», 3. «OK».   <p>Vérifiez que le champs S est bien sélectionné et cliquez sur «OK».</p> <p>Répétez ces étapes sur une deuxième couche des stations acridiennes. Représentez les champs «T» et «G» pour les transiens et les grégaires.</p> <p>Renommez et ordonnez ces trois couches de la manière suivante.</p> <table border="1"> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Grégaires</td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Transiens</td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Solitaires</td> </tr> </table> <p>Double-cliquez sur le bloc «ETAT PHASAIRE»:</p>  <ol style="list-style-type: none"> 1. Ajoutez l'élément «Grégaires», 2. Cochez «Nouvelle colonne» ; 3. Dans «Style», «Propriétés», décochez «En-têtes». Cliquez 3 fois sur «OK» <p>Répétez ces étapes avec les éléments «Transiens» et «Solitaires»</p>  <p>Cliquez sur «OK» et double-cliquez sur le bloc «DENSITE»</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ajoutez l'élément «Iso-densité Acridienne (Mars 2007)». 3. Cliquez sur «Style... » et choisissez «Horizontal Bar ...». <p>Cliquez deux fois sur «OK»</p> <p>Positionnez «Iso-densité acridienne (Mois Années)» sous toutes les autres couches et veillez à bien faire apparaître les Chefs-lieux de zone ainsi que les aires acridienne.</p> <p>---</p>	<input checked="" type="checkbox"/>	Grégaires	<input checked="" type="checkbox"/>	Transiens	<input checked="" type="checkbox"/>	Solitaires
<input checked="" type="checkbox"/>	Grégaires						
<input checked="" type="checkbox"/>	Transiens						
<input checked="" type="checkbox"/>	Solitaires						

Etapes

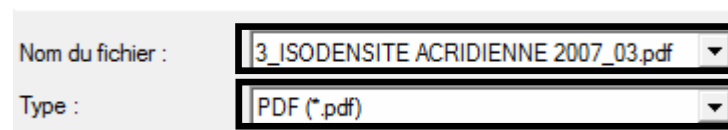
Manipulation

7. Export en PDF

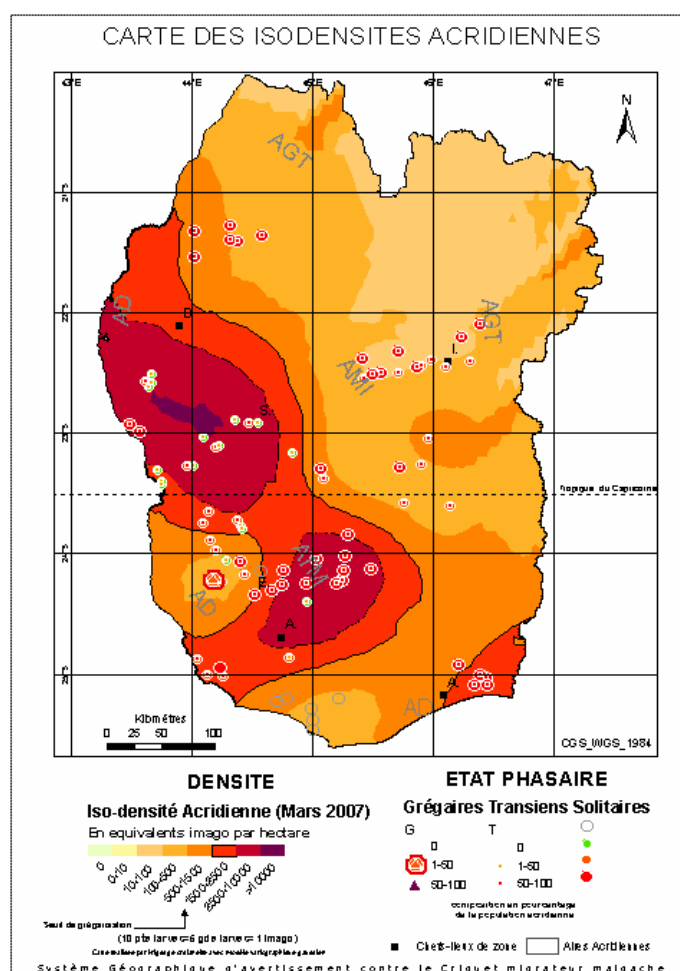
Allez dans «Fichier / exporter la carte» :

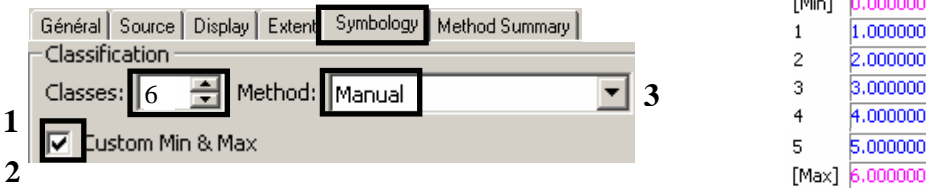
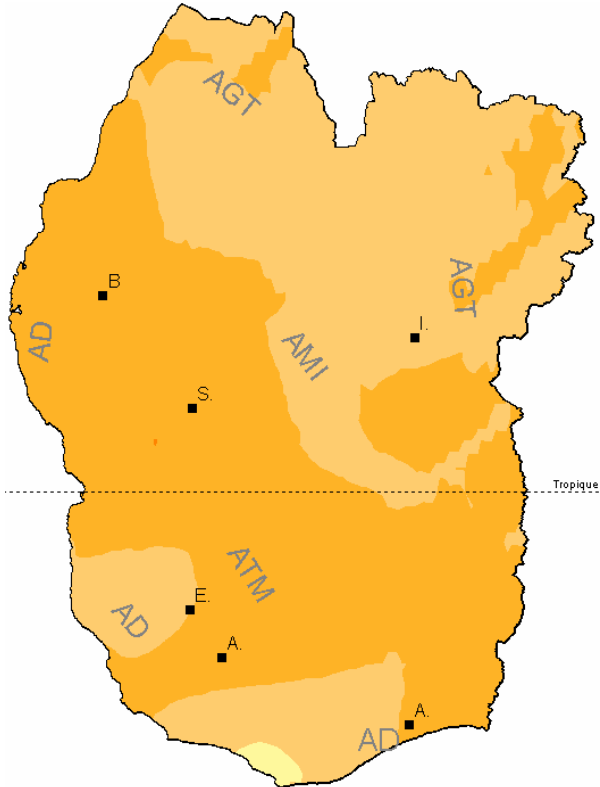


Spécifiez le dossier dans lequel vous allez enregistrer la carte au format PDF :
«C:\SIG_LMC\ID_SORTIES\S_aaaa-aaaa.pdf».



Nommez le fichier «3_ISODENSITE ACRIDIENNE aaaa_mm.pdf».



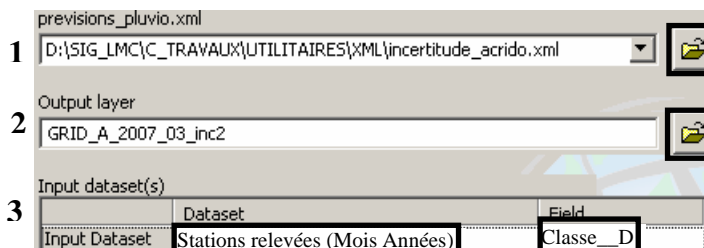
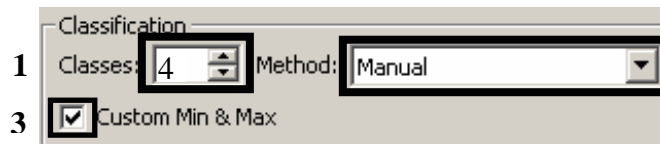
Etapes	Manipulation
<p>8.Création de l'iso-potentiels acridiens</p> <p>Interpolation</p> <p>Classification & étendue</p> <p>Export du grid en SHP</p>	<p>Utilisez la couche de point «solitaires» et répétez l'interpolation avec l'outil «2.4 STA-A => GRID*POT» en vous basant sur le champ «PT_ACRID». Nommez le grid «GRID_A_aaaa_mm_pot».</p> <p>Allez dans les propriétés du grid et dans l'onglet «Etendue» utilisez l'aire grégarigène.</p> <p>Dans l'onglet «Symbologie», positionnez-vous sur la catégorie «contours pleins» et cliquez sur «classer».</p> <div>  </div> <ol style="list-style-type: none"> Réglez le nombre de classes à 6 Optez pour une méthode de classification manuelle personnalisez les extrêmes <p>Utilisez l'outil «3.4 GRID*POT => SHP*POT» pour réaliser l'interpolation et créer les surfaces d'iso-potentiel acridien. Utilisez le grid que vous venez de créer en entrée et nommez votre couche : «C:\SIG_LMC\C_TRAVAUX\2.ACRID\IP_aaaa_SHP\IP_aaaa_mm_pot.shp»</p> <p>Couche de l'iso-potentiel acridien pour le mois de mars 2007</p>  <p>Aucune mise en page n'est réalisée car cette couche ne sert qu'au croisement des données pour le calcul du risque. Il n'y a pas d'édition de carte de potentiel acridien.</p>

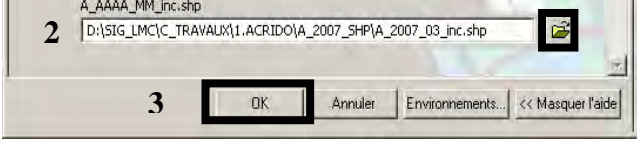
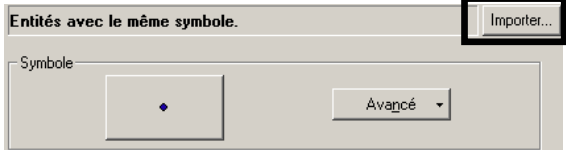
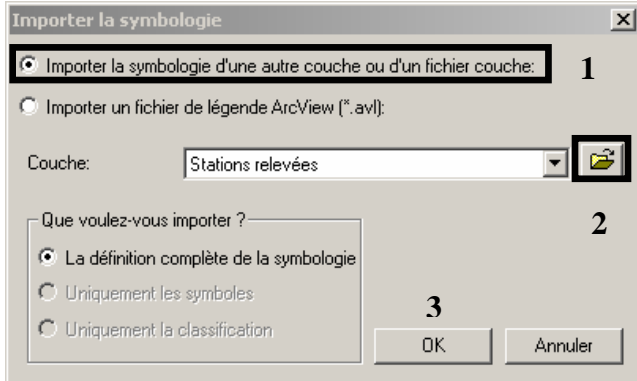
Fiche 6 : Création de la carte d'incertitude des densités acridiennes

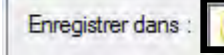
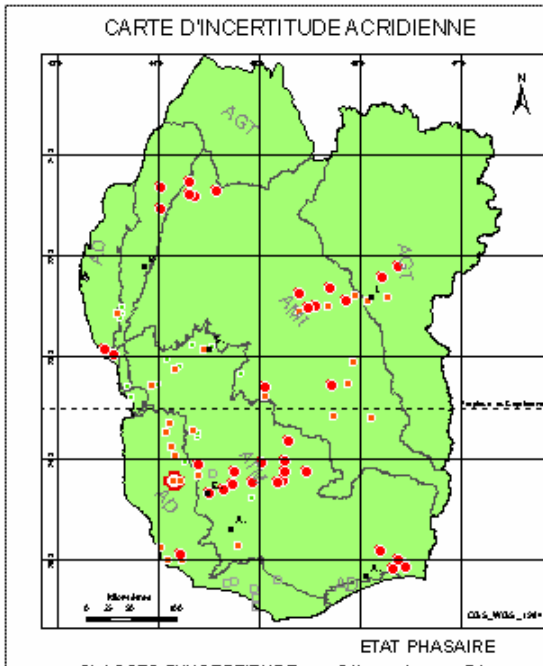
Données : Stations acridiennes au format SHP

Objectif : Réalisation de la carte d'incertitude acridienne.

Méthode : Création de la carte d'incertitude par interpolation géostatistiques. Export du grid d'interpolation au format .SHP et finalisation de la mise en page.

Etapes	Manipulation															
<u>1. Import des données acridiennes et réalisation de l'interpolation</u>	<p>Dans le repertoire «C:\SIG_LMC\B_CARTES» ouvrez le fichier «4_INCERTITUDE ACRIDIENNE.mxd» et importez «P_aaaa_mm_sta.shp».</p> <p>Renommez-le «Stations relevées (Mois Années)»</p> <p>Ouvrez l'outil «2.5 STA-A => GRID*DEN-INC». Une nouvelle fenêtre apparaît.</p> <div></div> <ol style="list-style-type: none">1. Vérifiez les paramètres d'interpolation (incertitude_acrido.xml)2. Nommez le grid en sortie : «GRID_A_aaaa_mm_inc.lyr»3. Spécifiez le SHP utilisé et le champ d'interpolation. Utilisez «Stations relevées (Mois Années)» et le champ «Acrido»4. «OK» <p>---</p>															
<u>2. Classification & étendue</u>	<p>Allez dans les propriétés de «GRID_A_aaaa_mm_inc». Dans l'onglet «Etendue» utilisez l'aire grégariène.</p> <p>Dans l'onglet «Symbologie», positionnez-vous sur la catégorie «contours pleins» et cliquez sur «classer».</p> <div></div> <ol style="list-style-type: none">1. Réglez le nombre de classes à 42. Optez pour une méthode de classification manuelle3. personnalisez les extrêmes <table><tr><td></td><td>[Min]</td><td>0,000000</td></tr><tr><td>1</td><td></td><td>2,000000</td></tr><tr><td>2</td><td></td><td>3,000000</td></tr><tr><td>3</td><td></td><td>4,000000</td></tr><tr><td></td><td>[Max]</td><td>8,000000</td></tr></table> <p>Définissez les bornes de chaque classe comme ci-contre.</p> <p>Cliquez deux fois sur « OK»</p> <p>---</p>		[Min]	0,000000	1		2,000000	2		3,000000	3		4,000000		[Max]	8,000000
	[Min]	0,000000														
1		2,000000														
2		3,000000														
3		4,000000														
	[Max]	8,000000														

Etapes	Manipulation
<p>3. Export du grid en SHP et réalisation de la symbologie</p>	<p>Ouvrez l'outil «3.5 GRID*DEN-INC => SHP*INC-A»</p>  <ol style="list-style-type: none"> 1. Sélectionnez le grid créé en utilisant le menu déroulant 2. spécifiez le SHP de sortie : «C:\SIG_LMC\C_TRAVAUX\1.PLUVIO\A_aaaa_SHP\A_aaaa_mm_inc.shp» 3. «OK» <p style="text-align: center;">- - -</p> <p>Positionnez «A_aaaa_mm_inc.shp» sous toutes les autres couches et veillez à bien faire apparaître les Chefs-lieux de zone ainsi que les Aires acridienne.</p> <p>Double-cliquez sur la couche «Stations relevées (Mois Année) ». Allez dans l'onglet symbologie et cliquez sur «importer...»</p>  <p>Dans la nouvelle fenêtre :</p>  <ol style="list-style-type: none"> 7. Choisissez la première option, 8. Parcourez les dossiers et chargez le fichier «C:\SIG_LMC\C_TRAVAUX\UTILITAIRES\SYMBOLOGIE\stations relevées.lyr» 9. «OK» <p>Répétez l'opération avec la couche «A_aaaa_mm_inc » et chargez la symbologie «incertitude acridienne.lyr»</p> <p>Mettez la couche «A_aaaa_mm_inc.shp» dans le bloc de légende «CLASSES D'INCERTITUDE» et n'affichez pas les en-têtes. Insérez l'élément «A_aaaa_mm_sta.shp» dans le bloc «STATIONS ACRIDIENNES»</p> <p style="text-align: center;">- - -</p>

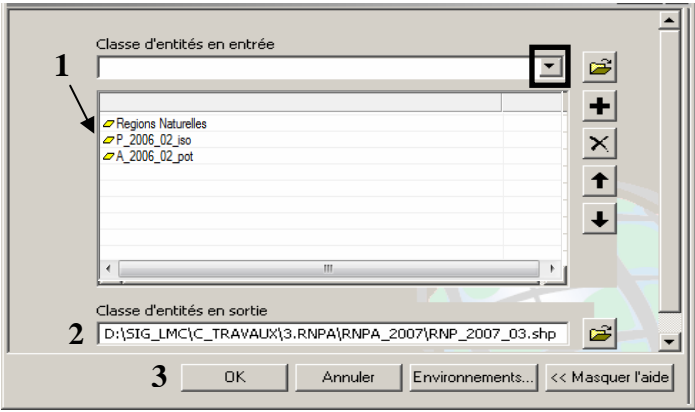
Etapes	Manipulation
5.Export en PDF	<p>Allez dans «menu/exporter la carte» :</p>  <p>Spécifiez le dossier dans lequel vous allez enregistrer la carte au format PDF : «C:\SIG_LMCI\SORTIES\IS_aaaa-aaaa»</p> <p>Nom du fichier : 4_INCERTITUDE ACRIDIENNE 2007_03.pdf</p> <p>Type : PDF (*.pdf)</p> <p>Nommez le fichier «4_INCERTITUDE ACRIDIENNE aaaa_mm.pdf»</p> 

Fiche 7 : Croisement des informations et calcul du risque




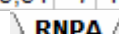
Données : Couches géométriques des régions naturelles, des isohyètes et des iso-potentiels.
Matrice des potentiels par biotope en fonction du niveau de pluviosité et par région naturelle.

Objectif : Réaliser les calculs de risque, pediter le tableau récapitulatif de surface et créer la couche géométrique du risque.

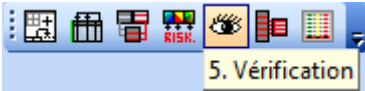


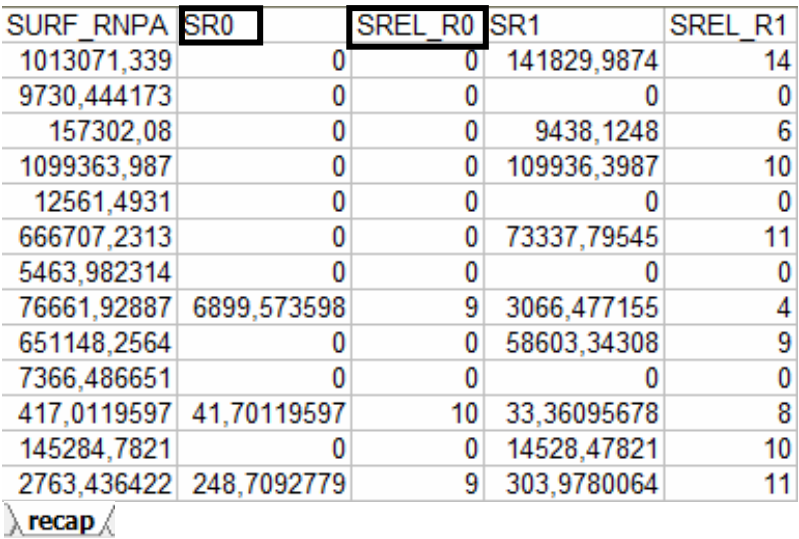
Méthode : Croisement des données pluviométriques avec les régions naturelles ainsi qu'avec les données acridiennes.
Utilisation du DBF des RNPA et réaliser le calcul de risque grâce à la barre d'outils SIG-LMC.

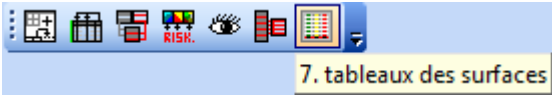
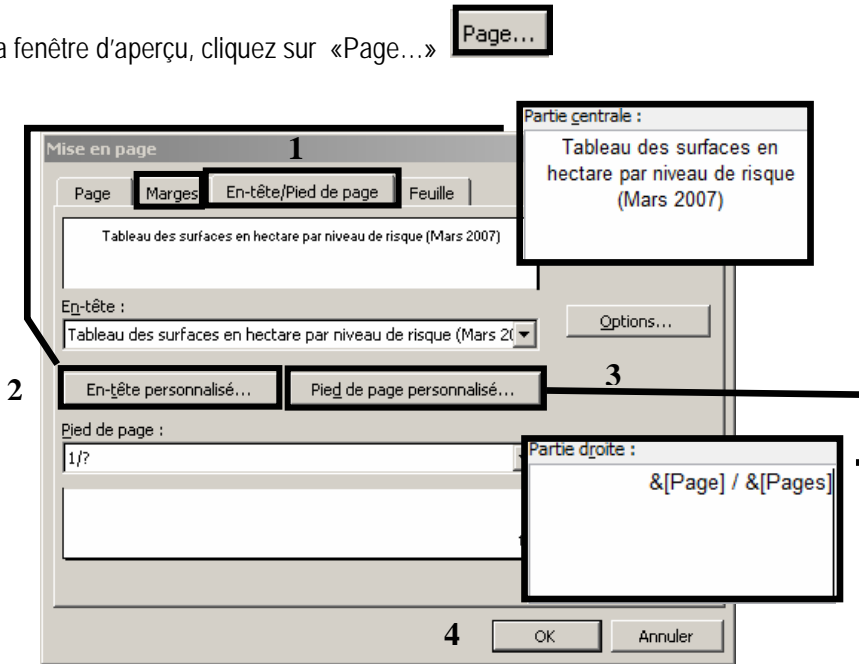


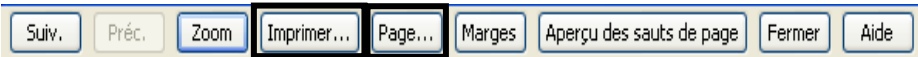
Etapes	Manipulation
1.Import des isohyètes et des iso-potentiels	<p>Ouvrez la carte 5_RNPA.mxd.</p> <p>Importez les données d'entrées «P_aaaa_mm_iso.shp» et «A_aaaa_mm_pot.shp».</p> <p>Ouvrez les tables attributaires de ces couches afin de vérifier qu'elles comportent respectivement un champ «pluvio» et «acrido».</p> <p>---</p>
2.Croisement des données	<p>Ouvrez l'outil «4.INTERSECTIONS».</p>  <ol style="list-style-type: none"> Sélectionnez «Regions Naturelles», «P_aaaa_mm_iso» et «A_aaaa_mm_pot» en entrée, spécifiez le SHP en sortie : «C:\SIG_LMC\C_TRAVAUX\3.RNPA\RNPA_aaaa\RNPA_aaaa_mm.shp» «OK» <p>Réitérez l'opération en 'intersectant' «RNP_aaaa_mm» et «A_aaaa_mm_pot».</p> <p>Nommez la couche «RNPA_aaaa_mm»</p> <p>Ouvrez les tables attributaires des deux couches créées et vérifiez que les champs sont présents.</p> <p>La couche «RNPA_aaaa_mm» possède des champs inutiles qu'il faut supprimer pour la suite du processus.</p> <p>---</p>

Etapes	Manipulation																																																	
3.Organisation des champs et calculs de surfaces	<p>Cliquez sur l'outil «5.ORGANISATION CHAMPS».</p> <div></div> <p>Sélectionnez la couche «RNPA_aaaa_mm» et cliquez sur «OK».</p> <p>Cet outil à supprimez les champs inutiles. Pour calculer le risque et réaliser la jointure correctement, le champ «FID» (identifiant des objets) a été copié dans le champ «objid». Les surfaces des nouvelles entités créées ont été calculées.</p> <p>Cet outil n'a pas supprimé les champs «FID_A_aaaa_mm» et «FID_P_aaaa_mm». Ouvrez la table attributaire et supprimez les manuellement (clic droit / supprimer).</p> <p>Ne subsite maintenant, que les champs «pluvio», «acrido», «rn_num», «rn_nom», «surface» et le champ «objid».</p> <p>Faites attention à l'ordre des champs comme dans la table ci-dessous.</p> <div></div> <p style="text-align: center;"><u>Ne fermez pas ArcMap</u></p> <p style="text-align: center;">---</p>																																																	
4.Ouverture du fichier RNPA.DBF	<p>Ouvrez le fichier «C:\SIG_LMC\C_TRAVAUX\3.RNPA\RNPA_aaaa\RNPA_aaaa_mm.dbf». pour réaliser les calculs de risques de chaque unité écologiquement, acridologiquement et pluviométriquement homogène.</p> <p>Vérifiez la présence de la barre d'outils SIG-LMC : </p> <p>A l'ouverture de «RNPA_aaaa_mm.dbf», il n'y a qu'un onglet dans la feuille de calcul.</p> <p>Voici un extrait de la table dont vous devez disposer à l'ouverture du fichier :</p> <div><table><tr><th></th><th>A</th><th>B</th><th>C</th><th>D</th><th>E</th><th>F</th></tr><tr><td>1</td><td>rn_nom</td><td>rn_num</td><td>pluvio</td><td>acrido</td><td>objid</td><td>surface</td></tr><tr><td>2</td><td>plaine cotiere Karimbolo (Faux-Cap)</td><td>89</td><td>2</td><td>1</td><td>0</td><td>4195.34</td></tr><tr><td>3</td><td>plaine cotiere Karimbolo (Faux-Cap)</td><td>89</td><td>2</td><td>2</td><td>1</td><td>24772.14</td></tr><tr><td>4</td><td>plaine coltiere Karimbolo (Lavanono)</td><td>88</td><td>2</td><td>1</td><td>2</td><td>7109.83</td></tr><tr><td>5</td><td>plaine coltiere Karimbolo (Lavanono)</td><td>88</td><td>2</td><td>2</td><td>3</td><td>21357.08</td></tr><tr><td>6</td><td>Androy cotier</td><td>90</td><td>2</td><td>2</td><td>4</td><td>38794.73</td></tr></table><div></div></div> <p>Chaque mois, le nombre et le découpage des « RNPA » varient en fonction des plages pluviométriques et des informations acridiennes.</p> <p style="text-align: center;">---</p>		A	B	C	D	E	F	1	rn_nom	rn_num	pluvio	acrido	objid	surface	2	plaine cotiere Karimbolo (Faux-Cap)	89	2	1	0	4195.34	3	plaine cotiere Karimbolo (Faux-Cap)	89	2	2	1	24772.14	4	plaine coltiere Karimbolo (Lavanono)	88	2	1	2	7109.83	5	plaine coltiere Karimbolo (Lavanono)	88	2	2	3	21357.08	6	Androy cotier	90	2	2	4	38794.73
	A	B	C	D	E	F																																												
1	rn_nom	rn_num	pluvio	acrido	objid	surface																																												
2	plaine cotiere Karimbolo (Faux-Cap)	89	2	1	0	4195.34																																												
3	plaine cotiere Karimbolo (Faux-Cap)	89	2	2	1	24772.14																																												
4	plaine coltiere Karimbolo (Lavanono)	88	2	1	2	7109.83																																												
5	plaine coltiere Karimbolo (Lavanono)	88	2	2	3	21357.08																																												
6	Androy cotier	90	2	2	4	38794.73																																												

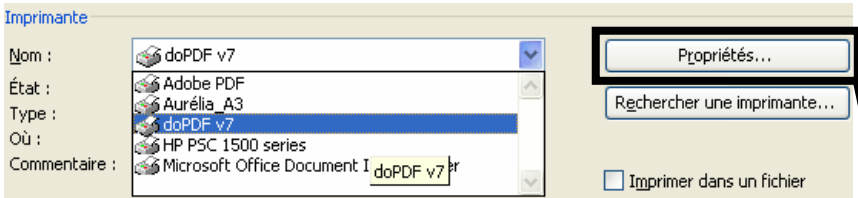
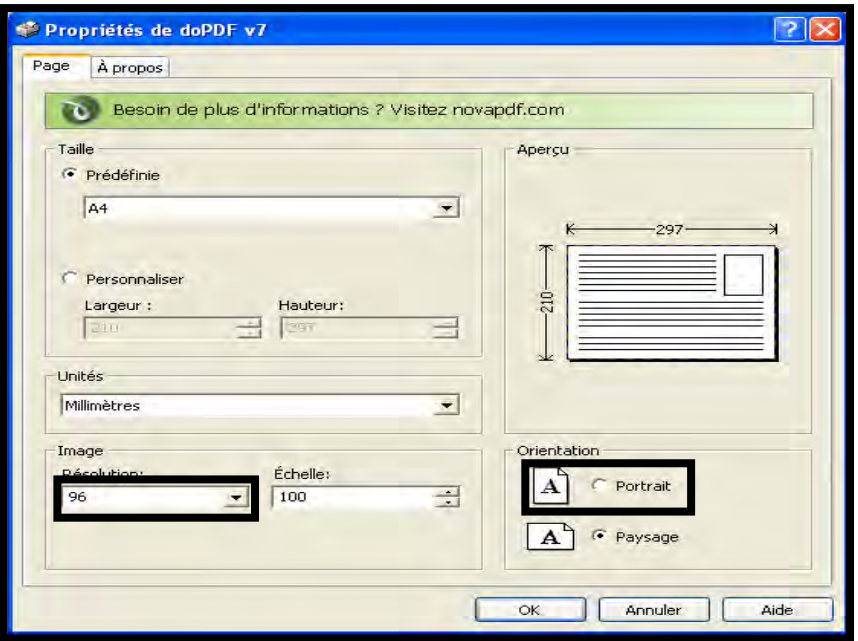
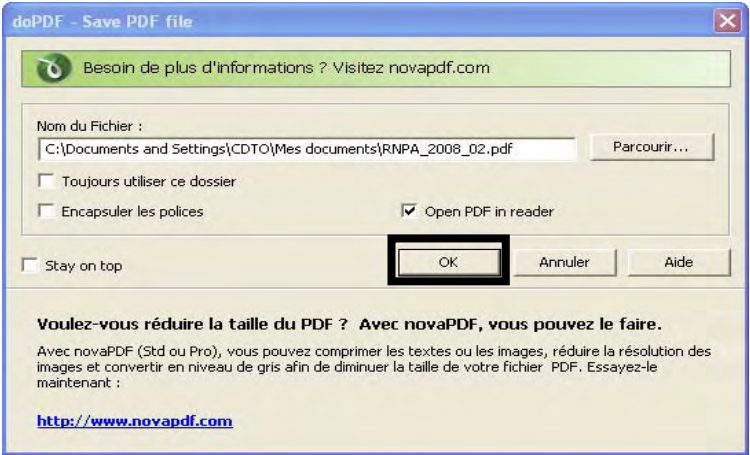
Etapes	Manipulation																																																																																	
5. Utilisation des outils personnalisés	Pour calculer les surfaces de risques, suivez les étapes de 1 à 7 de la barre d'outils personnalisée.																																																																																	
1.Préparation	<p>La première étape de préparation crée les différents onglets.</p> <p>«Cliquez sur 1.Préparation».</p> <div></div> <div></div> <p>7 onglets sont créés :</p> <ul style="list-style-type: none">✓ L'onglet «RNP_aaaa_mm» est renommé «RNPA».✓ L'onglet « Pot_btp_rn » sert à stoker le potentiel acridien par niveau de pluviosité pour chaque biotope en fonction de la région naturelle. Ces informations seront importées ultérieurement depuis le fichier «Pot_btp_rn.xls»✓ L'onglet «matrice» contient la matrice de risque.✓ L'onglet «report» sert à confronter les informations des RNPA aux potentiels par biotope et par région naturelle. Il sert aussi au calcul du risque.✓ L'onglet « recap » est un résumé des risques calculé pour chaque RNPA. Cette feuille de calcul servira de table de jointure aux RNPA pour représenter les niveaux de risque et le risque dominant pour une période donnée.✓ Le tableau des surfaces par niveau de risque est calculé dans l'onglet «tablosurf».✓ Enfin, les surfaces de risque dominant figurent dans l'onglet «risquedom».																																																																																	
2.Organisation	<p>La seconde étape organise les colonnes pour calculer le risque.</p> <p>Cliquez sur «2.Organisation».</p> <div></div> <p>L'outil procède à la réorganisation des champs comme ci dessous :</p> <table><tr><th></th><th>A</th><th>B</th><th>C</th><th>D</th><th>E</th><th>F</th><th>G</th><th>H</th></tr><tr><td>1</td><td>rn_num</td><td>rn_nom</td><td>objid</td><td>pluvio</td><td>acrido</td><td>surface</td><td></td><td></td></tr><tr><td>2</td><td>1</td><td>plaine de la Morondava</td><td>245</td><td>3</td><td>1</td><td>50350,71</td><td>1</td><td>4</td></tr><tr><td>3</td><td>1</td><td>plaine de la Morondava</td><td>246</td><td>3</td><td>2</td><td>122399,32</td><td>2</td><td>3</td></tr><tr><td>4</td><td>1</td><td>plaine de la Morondava</td><td>247</td><td>4</td><td>1</td><td>429683,21</td><td>3</td><td>5</td></tr><tr><td>5</td><td>1</td><td>plaine de la Morondava</td><td>248</td><td>4</td><td>2</td><td>420368,55</td><td>4</td><td>5</td></tr><tr><td>6</td><td>2</td><td>massif Makay nord</td><td>257</td><td>3</td><td>1</td><td>8216,50</td><td>5</td><td>4</td></tr><tr><td>7</td><td>2</td><td>massif Makay nord</td><td>258</td><td>4</td><td>1</td><td>101570,24</td><td>6</td><td>4</td></tr><tr><td>8</td><td>2</td><td>massif Makay nord</td><td>259</td><td>4</td><td>2</td><td>47515,34</td><td>7</td><td>1</td></tr></table> <div></div> <p>Deux nouvelles colonnes sont créés :</p> <ul style="list-style-type: none">✓ Les numéros de régions naturelles (G)✓ Le nombre de RNPA par région naturelle (H)		A	B	C	D	E	F	G	H	1	rn_num	rn_nom	objid	pluvio	acrido	surface			2	1	plaine de la Morondava	245	3	1	50350,71	1	4	3	1	plaine de la Morondava	246	3	2	122399,32	2	3	4	1	plaine de la Morondava	247	4	1	429683,21	3	5	5	1	plaine de la Morondava	248	4	2	420368,55	4	5	6	2	massif Makay nord	257	3	1	8216,50	5	4	7	2	massif Makay nord	258	4	1	101570,24	6	4	8	2	massif Makay nord	259	4	2	47515,34	7	1
	A	B	C	D	E	F	G	H																																																																										
1	rn_num	rn_nom	objid	pluvio	acrido	surface																																																																												
2	1	plaine de la Morondava	245	3	1	50350,71	1	4																																																																										
3	1	plaine de la Morondava	246	3	2	122399,32	2	3																																																																										
4	1	plaine de la Morondava	247	4	1	429683,21	3	5																																																																										
5	1	plaine de la Morondava	248	4	2	420368,55	4	5																																																																										
6	2	massif Makay nord	257	3	1	8216,50	5	4																																																																										
7	2	massif Makay nord	258	4	1	101570,24	6	4																																																																										
8	2	massif Makay nord	259	4	2	47515,34	7	1																																																																										

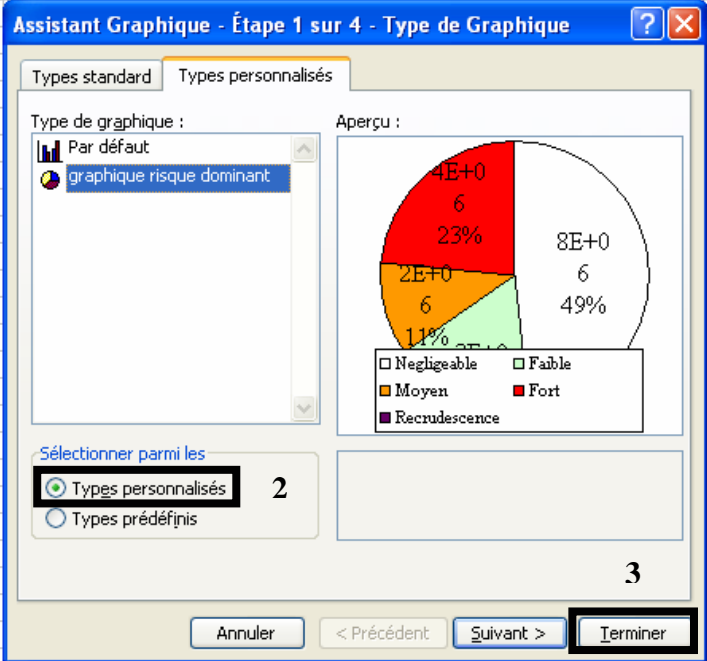
Etapas	Manipulation
3.Report	<p>La troisième étape sert à confronter les données des RNPA avec celles des biotopes : Ouvrez «C:\SIG_LMC\C_TRAVAUX\UTILITAIRES\BAO\Pot_btp_rn.xls»</p> <div><div><div></div><div>A</div></div><div><div>1</div><div>ID_RN</div></div></div> <p>Cliquez sur la cellule vide tout en haut du tableau. Cela sélectionne toutes les données de la feuille active.</p> <p>Copier ces données (CTRL+C) et collez les dans la feuille «Pot_btp_rn» (CTRL+V) dans le fichier «RNPA_aaaa_mm.dbf». Fermez le fichier «Pot_btp_rn.xls»</p> <p>Cliquez sur le bouton «3. Report ».</p> <div><div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div></div></div>

Etapas	Manipulation
5. Vérification	<p>Pour veiller au bon déroulement des calculs, une cellule «VRAI» est créée si le total des surfaces de risque correspond à la surface totale de chaque RNPA.</p> <p>L'étape cinq, sert à faciliter la lecture de cette étape de vérification.</p> <p>Cliquez sur «5. Verification».</p>  <p>Dans la feuille «recap» vérifiez qu'il n'y a aucune colonne dont la valeur est «FAUX».</p> 
6. Récapitulation	<p>L'étape six, récupère les lignes surlignées correspondant aux RNPA dont le risque à été calculé.</p> <p>Cliquez sur «6.Récapitulation».</p>   <p>La feuille «récap» contient les données qui seront utilisées pour représenter le risque dans le SIG.</p> <p>Les niveaux de risques de 0 à 6 sont exprimés en surfaces réelles et relatives par rapport à chaque RNPA.</p>

Etapes	Manipulation
<p>7. Tableaux des surfaces</p>	<p>La dernière étape finalise les deux tableaux (surfaces de risque et risque dominant) utiles au SIG.</p> <p>Cliquez sur «7. Tableau des surfaces».</p>  <p>Cette étape permet la mise en page des tableaux de surface.</p> <p>La procédure se termine par l'ouverture de l' «aperçu avant impression» d'Excel.</p> <p>Dans la fenêtre d'aperçu, cliquez sur «Page...»</p>  <ol style="list-style-type: none"> 1. Dans la fenêtre «mise en page», sélectionnez «En-tête / Pied de page». 2. Cliquez sur «En-tête personnalisé...» et ajoutez le mois et l'année à la suite du titre inscrit dans la partie centrale. Cliquez sur «OK». 3. Cliquez sur le bouton «Pied de page personnalisé...» et ajoutez le numéro de page  ainsi que le nombre de pages . Séparez les d'une barre oblique « / ». 4. Cliquez 2 fois sur «OK». 5. Réglez les marges pour que le tableau puisse être imprimé sur 2 pages (si besoins). <p>---</p>
<p>6. Impression du tableau des surfaces par niveau de risque</p>	<p>Dans la fenêtre d'aperçu, Cliquez sur page...</p>  <p>Cliquez sur "imprimer".</p>

Etapes	Manipulation
Utilisez l'outil libre "doPdf"	<p data-bbox="523 309 1425 342">Dans la nouvelle fenêtre, Vérifiez que «Dopdf v7» est installé en tant qu'imprimante.</p> <div data-bbox="523 376 1449 1030">  </div> <p data-bbox="523 1075 1457 1176">Si ce n'est pas le cas, installez Dopdf (double cliquez sur le fichier «Dopdf.exe» dans le répertoire : «C:\SIG_LMC\IC_TRAVAUX\UTILITAIRES\BAO»). Suivez les instructions des boîtes de dialogue et attendez la fin de l'installation.</p> <div data-bbox="539 1216 1436 1899">  </div> <p data-bbox="523 1937 798 1971">Cliquez sur «Terminer».</p>


Etapes	Manipulation
	<p>Si le programme «Dopdf» est déjà installé, cliquez sur «Propriétés...». Dans la nouvelle fenêtre, cliquez sur «Propriétés...»</p>  <p>Vérifiez que la résolution est à «96 DPI» et que «Paysage» est bien cochée.</p>  <p>Cliquez deux fois sur «OK»</p> <p>Dans la nouvelle fenêtre, choisissez le chemin du fichier : «C:\SIG_LMCD_SORTIESIS_aaaa-aaaa\S_aa-aa-Xmm\Tableau surfaces niveau risque aaaa_mm.pdf»</p> <p>Cliquez sur "Enregistrer".</p>  <p>Cliquez sur OK et vérifiez que le fichier a bien été enregistré dans le répertoire.</p>

Etapes	Manipulation														
7.Création du graphique de risque dominant	<p>Ne fermez pas le fichier «C:\SIG_LMC\TRAVAUX\3.RNPA\RNPA_aaaa\RNPA_aaaa_mm.dbf».</p> <p>Créez le graphique des risques dominants :</p> <p>1</p> <table><tr><th>Année_Mois</th><th>Negligeable</th><th>Faible</th><th>Moyen</th><th>Fort</th><th>Recrudescence</th><th>Surface Aire Grégariène</th></tr><tr><td>2008 02</td><td>7734813,94</td><td>2733348,98</td><td>1832806,43</td><td>3776726,65</td><td>0</td><td>16077696</td></tr></table> 	Année_Mois	Negligeable	Faible	Moyen	Fort	Recrudescence	Surface Aire Grégariène	2008 02	7734813,94	2733348,98	1832806,43	3776726,65	0	16077696
Année_Mois	Negligeable	Faible	Moyen	Fort	Recrudescence	Surface Aire Grégariène									
2008 02	7734813,94	2733348,98	1832806,43	3776726,65	0	16077696									

1.

Positionnez-vous sur la feuille «risquedom» et sélectionnez la plage de données des risques dominants.

Sélectionnez l'outil «assistant graphique»



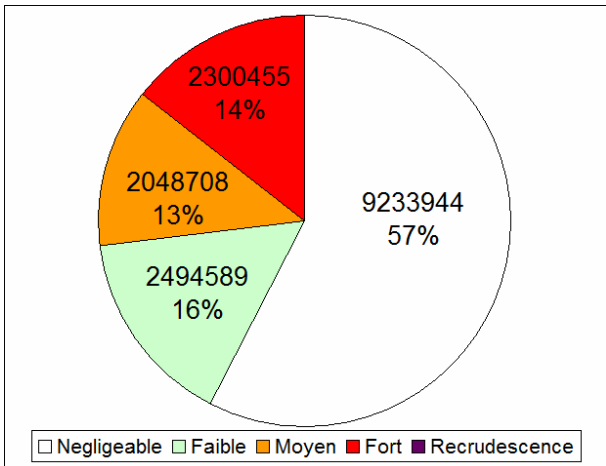
2.

Choisissez le type de graphique personnalisé et cliquez sur «graphique risque dominant».

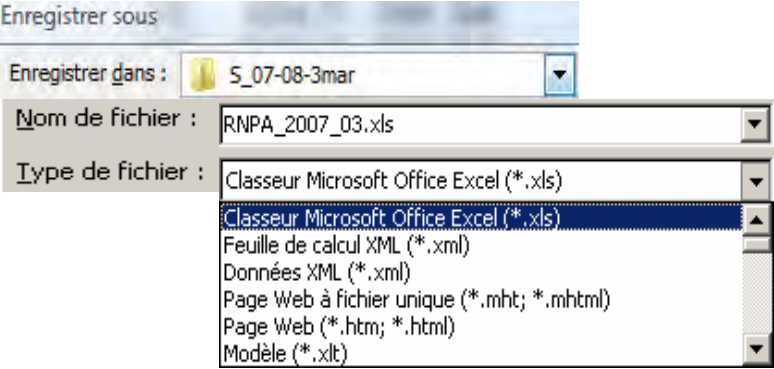



3.



Cliquez sur «Terminer».

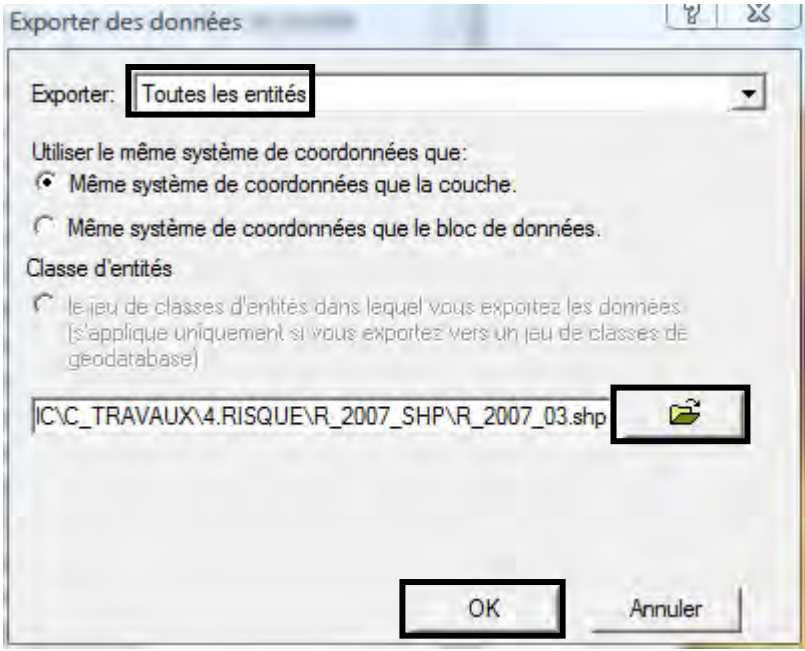
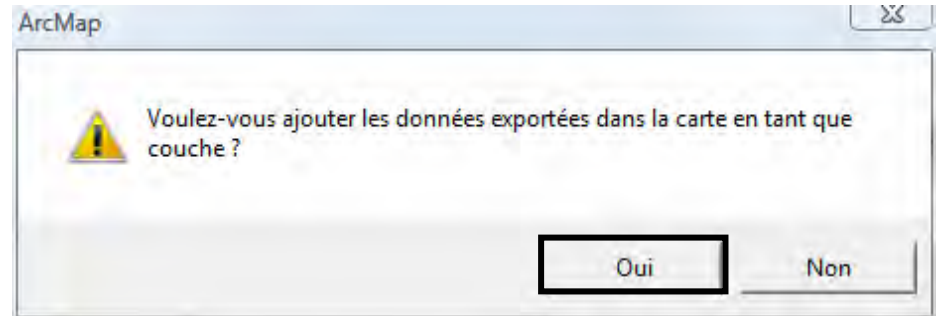
Redimensionnez le graphique et réglez les police de légende et des valeurs à «16» et «20»



Ce graphique est destiné à être copié et ajoutez-le à la mise en page des risques dominants dans ArcGis.

Etapas	Manipulation
<p>8.Export des données de sortie</p>	<p>Allez dans « Fichier\Enregistrer sous... » et sélectionnez le répertoire «C:\SIG_LMCID_SORTIES\aaaa-aaaa\S_aa-aa-Xmmm».</p> <p>Enregistrez le fichier XLS sous le nom «Risque_aaaa_mm.xls».</p>  <p><u>Veillez à bien spécifier le type « *.xls »</u></p> <p>Cliquez sur </p> <p>Positionnez-vous sur la feuille «recap» et sélectionnez toute la plage de données.</p> <p>Allez dans le menu «Fichier \ Enregistrer sous...» et spécifiez le chemin du fichier : «C:\SIG_LMC\C_TRAVAUX\4.RISQUE\R_aaaa_DBF\R_aaaa_mm.DBF».</p>  <p>DBF 4 (dBase IV).</p> <p>Cliquez sur «OK» pour les deux messages d'erreurs suivants.</p> <p>Enfin, fermer l'application Excel en cliquant sur </p> <p>Cliquez ensuite «non» pour ne pas accepter les modifications sur RNPA.dbf que nous venons d'exporter.</p> <p>Vérifiez que l'export s'est bien déroulé avant de passer à l'étape suivante.</p> <p style="text-align: center;">---</p>

Etapas	Manipulation
<p>9. Jointure de «RISK_aaaa_mm.dbf» sur «RNPA_aaaa_mm.shp»</p> <p><u>ATTENTION AU CHAMP DE JOINTURE. SI VOUS CHOISISSEZ LE CHAMP «OID», LA JOINTURE RISQUE D'ÊTRE MAL RÉALISÉE</u></p>	<p>Retournez dans ArcMap dans le fichier «5_RNPA.mxd».</p> <p>Cliquez sur «Ajouter»  et sélectionnez «R_aaaa_mm.dbf». Le fichier vient s'ajouter à la TOC dans l'onglet «Source» :  RISK_2007_03</p> <p>Faites un clic droit sur «RNPA_aaaa_mm», cliquez «Jointures et Relations\Joindre»</p> <div data-bbox="518 555 1177 1153"> <p>Que voulez-vous joindre à cette couche ?</p> <p>1. Joindre les attributs d'une table</p> <p>1. Choisissez dans la couche le champ sur lequel portera la jointure:</p> <p>2. objid</p> <p>2. Choisissez la table à joindre à cette couche ou chargez-la depuis le disque:</p> <p>3. RISK_2007_03</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Inclure les tables attributaires des couches dans cette liste</p> <p>3. Choisissez dans la table le champ sur lequel portera la jointure:</p> <p>4. OID_1</p> <p>5. OK</p> </div> <div data-bbox="1193 566 1449 1037"> <ol style="list-style-type: none"> 1. Joindre les attributs d'une table 2. Sélectionnez le champ commun de jointure « objid » 3. Sélectionnez la table à joindre 4. Sélectionnez le champ de Jointure de du DBF «OID_1» 5. Cliquez sur «OK» </div> <div data-bbox="603 1182 1375 1496"> <p>Créer un index</p> <p>Le champ de la table que vous joignez à la cible n'est pas indexé.</p> <p>Voulez-vous automatiquement créer un index pour ce champ ? Cela générerait une nette amélioration de performance.</p> <p>Oui Non Annuler</p> <p><input type="checkbox"/> Mémoriser mon choix et ne plus afficher cette boîte de dialogue</p> </div> <p>Acceptez la création de l'index et vérifiez que les données de la table attributaires sont bien jointes et qu'elles correspondent aux données du tableau des surfaces au format XLS.</p> <p style="text-align: center;">---</p>


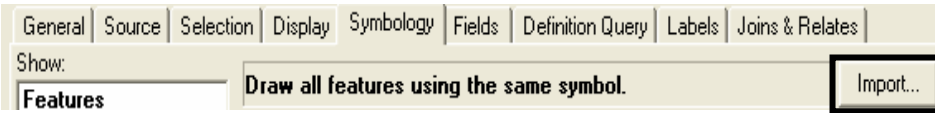
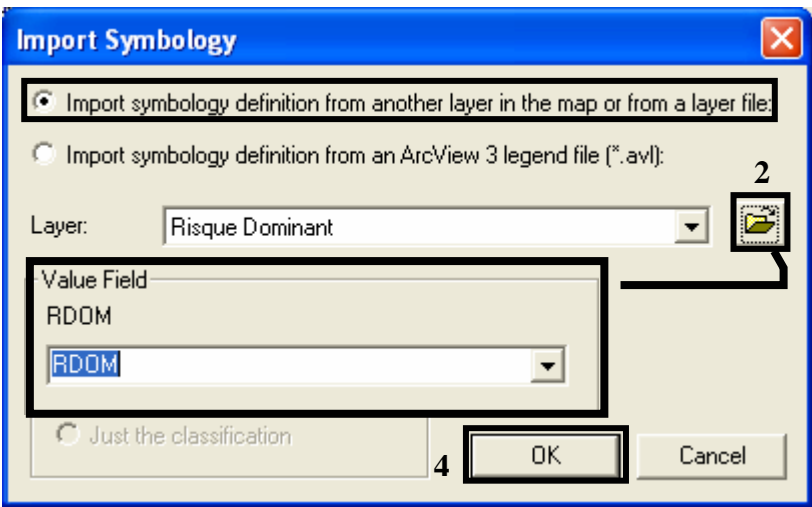
Etapas	Manipulation
<p>10. Export de «RISK_aaaa_mm.shp»</p>	<p>Positionnez-vous sur la couche «RNPA_aaaa_mm.shp» avec toutes le données de jointure.</p> <p>Faites un clic droit et sélectionnez «Données \ exporter des données».</p> <div data-bbox="440 504 1316 1153"> <p>1</p> <p>2</p> <p>3</p>  </div> <ol style="list-style-type: none"> 1. Exportez toutes les données en utilisant le même système de coordonnées que la couche 2. Spécifiez le nom du SHP : «C:\SIG_LMC\C_TRAVAUX\4.RISQUE\R_2007_SHP\R_2007_03.shp» 3. Cliquez sur «OK» <div data-bbox="440 1377 1380 1691">  </div> <p>Les géométries correctement créées peuvent être ajoutées directement à la carte afin de vérifier les données de la table attributaire.</p>

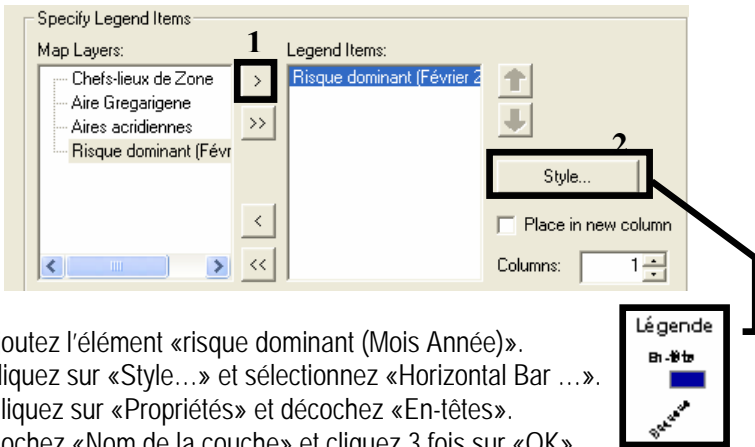
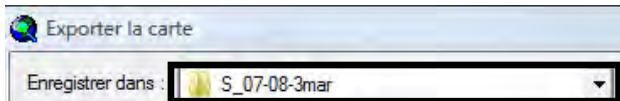
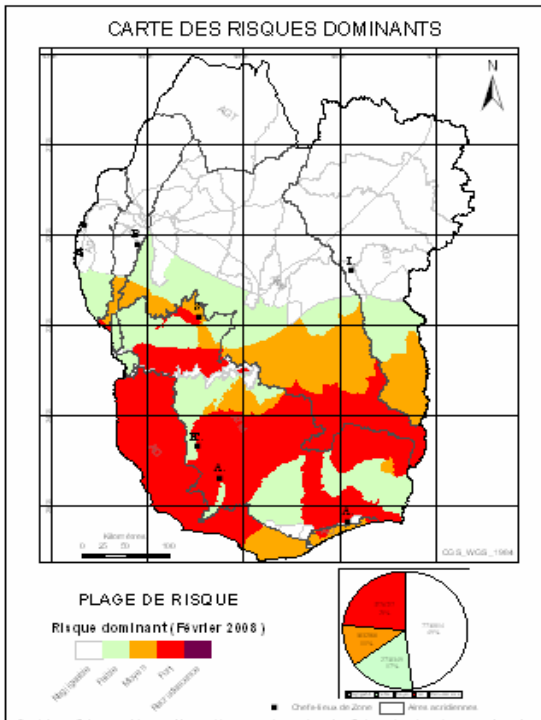
Fiche 8 : Création de la carte des risques dominants

Données : Fichier de calcul de risque au format DBF, géométries des RNPA et géométrie du risque.

Objectif : Créer une carte de risque dominant

Méthode : Réaliser une jointure du fichier de risque (DBF) aux géométries des RNPA et exporter les géométries du risque avant d'importer les symbologies.

Étapes	Manipulation
<p>1. Import de la couche de risque et des symbologies</p>	<p>Ouvrez la carte «6_RISQUE DOMINANT.mxd»</p> <p>Cliquez sur «Ajouter des données»  et sélectionnez la couche «C:\SIG_LMC\C_TRAVAUX\4.RISQUE\R_aaaa_SHP\R_aaaa_mm.shp». Cliquez sur «Ajouter».</p> <p>Double-cliquez sur la couche de risque et dans la fenêtre «Propriétés», allez dans l'onglet «Symbologie» et cliquez sur «Importer».</p>   <ol style="list-style-type: none"> 1. Cochez la première option, 2. Dans la fenêtre «Symbologie», cliquez sur parcourir et choisissez le fichier «C:\SIG_LMC\C_TRAVAUX\UTILITAIRES\SYMBOLOGIE\risque dominant.lyr» 3. Dans la nouvelle fenêtre, choisissez le champ «RDOM» 4. Cliquez sur «OK». <p>Dans la fenêtre «Symbologie» vérifiez la cohérence de la symbologie et cliquez sur «OK».</p> <p>Renommez la couche «R_aaaa_mm », «Risque dominant (Mois Année)»</p>



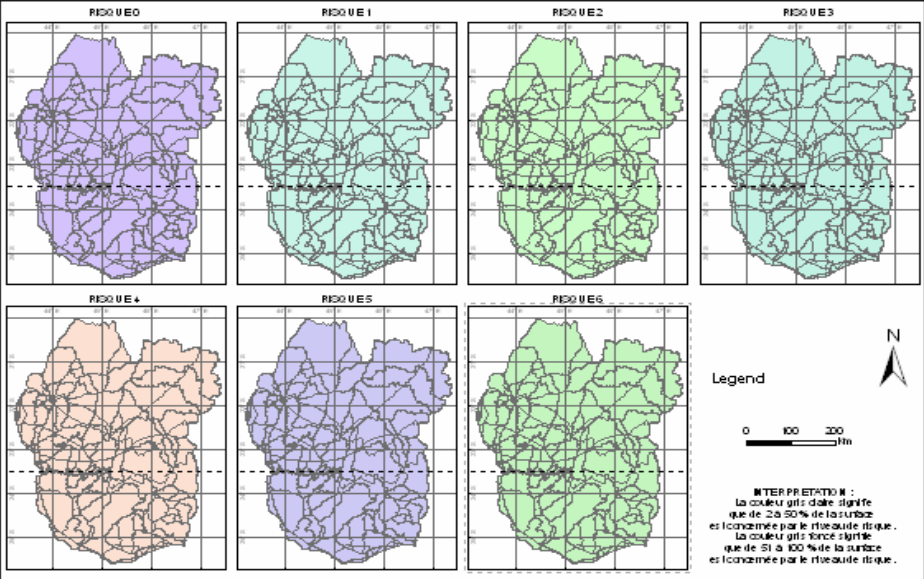
Etapas	Manipulation
<p><u>2.Finalisation de la mise en page</u></p>	<p>Double cliquez sur le bloc de légende «PLAGE DE RISQUE».</p>  <ol style="list-style-type: none"> 1. Ajoutez l'élément «risque dominant (Mois Année)». 2. Cliquez sur «Style...» et sélectionnez «Horizontal Bar ...». Cliquez sur «Propriétés» et décochez «En-têtes». Cochez «Nom de la couche» et cliquez 3 fois sur «OK».
<p><u>3.Export en PDF</u></p>	<p>Allez dans le menu «Fichier / exporter la carte» :</p>  <p>Spécifiez le dossier dans lequel vous allez enregistrer la carte au format PDF : «C:\SIG_LMC\ID_SORTIES\IS_aaaa-aaaa»</p> <p>Nom du fichier : 4_INCERTITUDE ACRIDIENNE 2007_03.pdf Type : PDF (*.pdf)</p> <p>Nommez le fichier «6_RISQUE DOMINANT aaaa_mm.pdf»</p>  <p>Copiez le graphique du risque dominant dans le fichier XLS et collez-le dans la mise en page d'ArcGis. Ajustez le à la page afin qu'il soit lisible.</p>

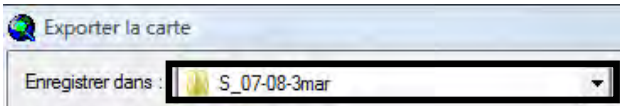
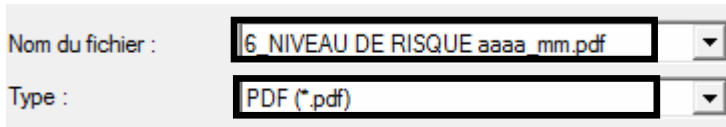
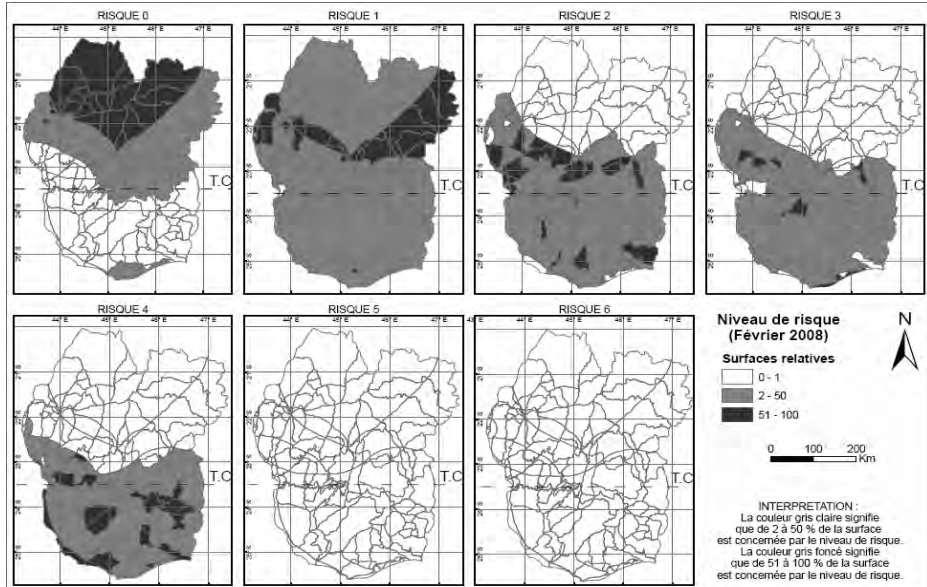
Fiche 9 : Création de la carte des niveaux de risque

Données : Géométrie du risque.

Objectif : Créer une carte par niveau de risque.

Méthode : Charger le fichier risque.dbf et importer les symbologies.

Etapes	Manipulation
<p>1. Import de la couche de risque et des symbologies</p>	<p>Ouvrez la carte «7_RISQUE DOMINANT.mxd».</p> <p>Cliquez sur «Ajouter des données»  et sélectionnez la couche «C:\SIG_LMC\IC_TRAVAUX\4.RISQUE\R_aaaa_SHP\R_aaaa_mm.shp». Cliquez sur «Ajouter».</p> <p>Positionnez-vous sur le bloc de données «Risque 0», faites un clic droit et choisissez «Activer».</p> <p> Ajoutez la couche «R_aaaa_mm.shp» et copiez-la dans chaque bloc de données (faites un «glissé déposé» de cette couche par niveau de risque).</p> <p>Une fois que chaque carte de la page dispose de la couche de risque, importez la symbologie pour chaque niveau de risque.</p> <div data-bbox="528 1088 1457 1664">  <p>Legend</p> <p>0 100 200 Km</p> <p>INTERPRÉTATION : la couleur gris clair signifie que de 25 à 50% de la surface est iconisée par le risque de risque. la couleur gris foncé signifie que de 51 à 100 % de la surface est iconisée par le risque de risque.</p> </div> <p>Double-cliquez sur le fichier «R_aaaa_mm.shp». Allez dans l'onglet symbologie et cliquez sur «importer...»</p> <p>Dans la nouvelle fenêtre, cliquez sur «Parcourir» et chargez le fichier «C:\SIG_LMC\IC_TRAVAUX\UTILITAIRES\SYMBOLOGIE\risque dominant.lyr»</p> <p>Choisissez ensuite le champ «SREL_R0» afin de réaliser la carte de risque 0 et cliquez 2 fois sur «OK».</p> <p>Faites de même pour le bloc «Risque 1» avec le champ «SREL_R1»... puis «SREL_R2» avec le bloc «Risque 2» et ainsi de suite jusqu'au bloc «Risque 6»</p>

Etapes	Manipulation
<p><u>2.Finalisation de la mise en page</u></p>	<p>Sélectionnez le fichier «R_aaaa_mm» dans le bloc de données risque 0 et renommez l'entête de la couche «Surfaces relatives».</p> <p>Double-cliquez sur le bloc de légende «NIVEAU DE RISQUE» et ajoutez l'élément «R_aaaa_mm» du bloc de données «Risque 0».</p> <p>Cliquez sur «Style...» et sélectionnez «Horizontal Single Symbol Label Only».</p> <p>Cliquez ensuite sur «Propriétés» puis cochez «Afficher l'entête».</p> <p>Enfin dans l'onglet «Légende» ajoutez « (Mois Année) au titre «Niveau de risque»</p> <p>Cliquez 3 fois sur «OK».</p> <p>Allez dans le menu «Fichier / exporter la carte» :</p>
<p><u>3. Export des données</u></p>	<p></p>
<p></p>	<p></p> <p>Spécifiez le dossier dans lequel vous allez enregistrer la carte au format PDF :</p> <p>«C:\SIG_LMCID_SORTIESIS_aaaa-aaaa»</p> <p></p> <p>Nommez le fichier «6_NIVEAU DE RISQUE aaaa_mm.pdf»</p>
<p></p>	<p></p>

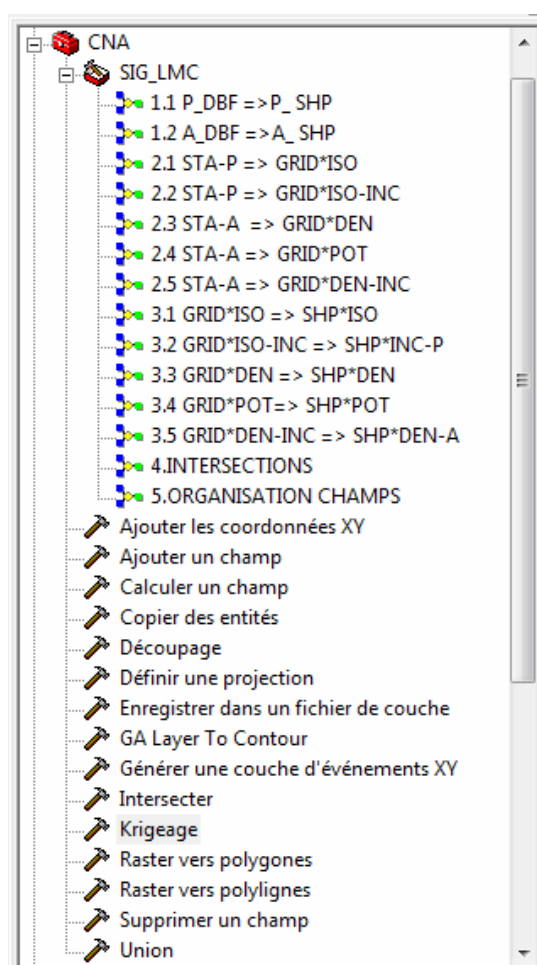
Annexe 1 : Préparation d'ArcMap pour l'utilisation du SIG

Les différentes interfaces du SIG-LMC Malgache nécessite quelques personnalisation pour le bon fonctionnement des outils. En effet, une Boîte à Outils à été réalisée sous ArcGIS pour automatiser la réalisation des cartes dans le SIG.



CHARGEMENT DE LA BOITE A OUTILS CNA

Sous ArcGis, la boite à Outils «CNA» contient des modèles personnalisés ainsi que des outils préexistant :

Les modèles correspondant aux différentes étapes et thématiques du SIG sont stockés dans le jeu d'outils «SIG_LMC». Une série d'outils préexistants par défaut dans l'ArcToolbox à été ajouté à la boite à outils «CNA» afin de pouvoir réaliser certains processus manuellement.



La boite à outils «CNA» est stockées dans le répertoire «C:\SIG_LMC\C_TRAVAUX\UTILITAIRES\BAO». Vous pouvez l'ajouter à un seul projet ArcMap ou bien faire en sorte qu'elle soit toujours chargée par défaut. Pour cela, copiez le Fichier CNA.tbx dans le répertoire «C:\SIG_LMC\C_TRAVAUX\UTILITAIRES\BAO» et collez-le dans le répertoire : «C:\Program Files\ArcGIS\ArcToolbox\Toolboxes».

Ouvrez ArcGis et activez l'ArcToolBox . Un nouveau volet apparaît dans l'interface avec tous les outils que contient ArcGIS. La boite à outils n'est toujours pas chargée. Faites un **clic droit** sur «ArcToolbox»  et cliquez sur «Ajouter une boite à outils...». Parcourez les dossier et ajoutez la boite à outil CNA depuis le répertoire «C:\Program Files\ArcGIS\ArcToolbox\Toolboxes». Ensuite, faites un **clic droit** sur «ArcToolbox» et allez dans «Enregistrer les paramètres» et cliquez «Par défaut».

La boite à outils s'ouvrira dans tous les projets ArcMap.

Annexe 2 : Préparation d'Excel pour l'utilisation du SIG

Les différentes interfaces du SIG-LMC Malgache nécessite quelques personnalisation pour le bon fonctionnement des outils. Pour réaliser le calcul de risque, une nouvelle barre d'outils à été créée pour Excel.



La barre d'outils doit être importée.

Pour installer définitivement les boutons et macros nécessaires au lancement des calculs sous Excel sur chaque ordinateur, une série d'opération est nécessaire.

Les macros sont intégrés dans des fichiers au format .XLA pour être utilisés dans toutes les feuilles de calcul Excel d'un ordinateur. Ces scripts sont exécutables à partir de boutons inclus dans le fichier «Excel11.XLB».

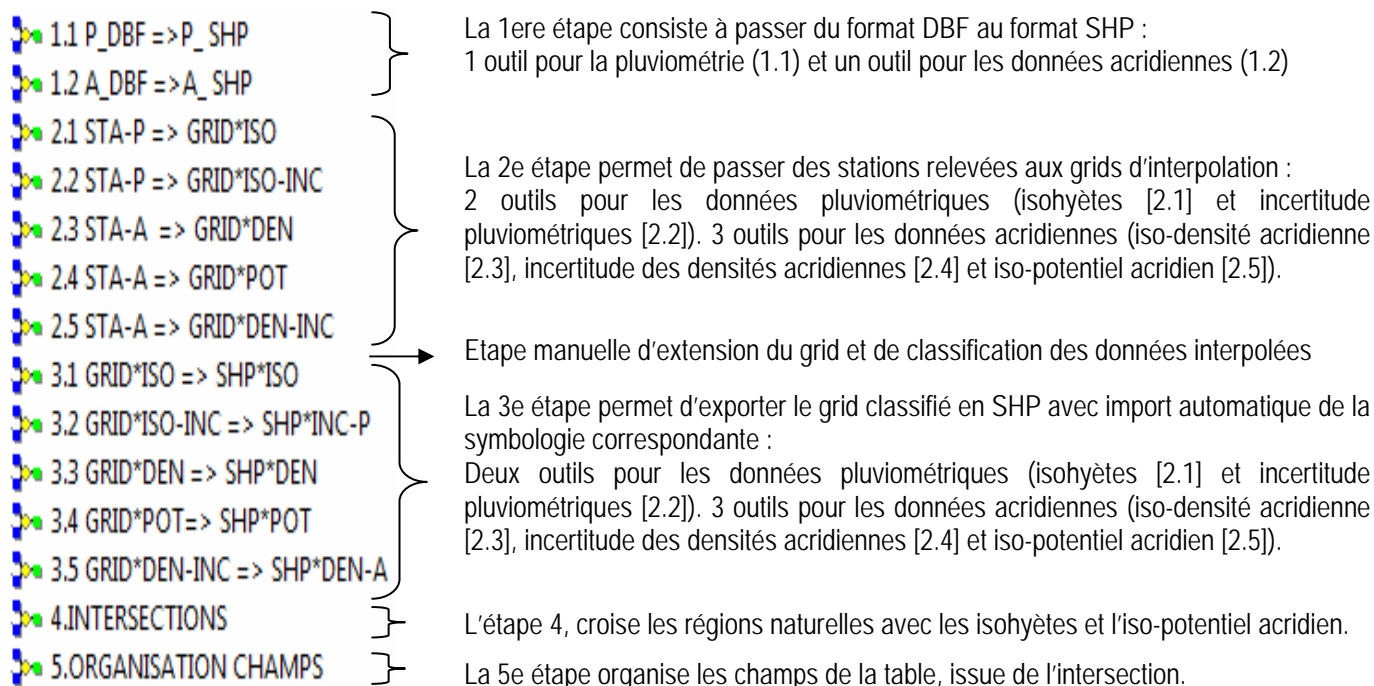
Pour rendre accessible la barre d'outils, Copiez aussi le fichier «Excel11.xlb» dans le dossier «C:\Documents and Settings\Application Data\Microsoft\Excel».

Ouvrez ensuite Excel et vérifiez que vous disposez bien des nouveaux boutons dans la barre d'outils «Risque SIG LMC» :

Copiez les fichiers « 1.xla », « 2.xla », « 3.xla », « 4.xla », « 5.xla », « 6.xla », « 7.xla » dans le dossier « C:\Documents and Settings\Application Data\Microsoft\Macros complémentaires »

Annexe 3 : Détail des modèles d'automatisation

Chaque modèle personnalisé correspond à un ou plusieurs traitements du SIG-LMC. Il y a 5 étapes qui ont été automatisées dans ArcGis afin de pouvoir réaliser les cartes qui constituent le SIG et permettre le calcul du risque mensuel. Selon les versions d'ArcGis, et les configurations du poste de travail certains outils peuvent nécessiter d'être re-paramétriser.



Du DBF au SHP : Le modèle est identique pour les deux traitements de l'étape 1.

1.1 P_DBF => P_SHP / 1.2 A_DBF => A_SHP



Chaque modèle à 2 paramètres différents (**P**): Le fichier DBF en entrée et le nom de la couche de points en sortie. Le premier outil créé et affiche les points XY dans ArcMap. Pour les enregistrer en dur, le second outil copie les entités.

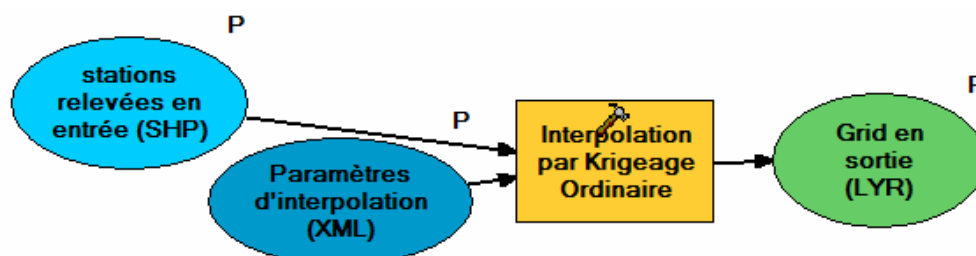
Pour générer la variable d'entrée (DBF), faites un clic droit sur l'outil (Rectangle coloré) et «Générer une variable / Paramètre de départ / Table XY».

Pour paramétrer une variable d'entrée ou de sortie, faites un clic droit sur la variable et cochez «Paramètre du modèle». Un petit «P» apparaît en haut à droite de la variable.

Générer une variable	Paramètre de départ	Table XY
Créer une étiquette	Environnement de départ	Champ X

Du SHP au GRID : Le modèle ci-dessus est identique pour les cinq traitements de l'étape 2.

2.1 STA-P => GRID*ISO / 2.2 STA-P => GRID*ISO-INC / 2.3 STA-A => GRID*DEN
2.4 STA-A => GRID*POT / 2.5 STA-A => GRID*DEN-INC



Chaque modèle à 3 paramètres différents : le premier est le fichier SHP des stations relevées en entrée. Les paramètres d'interpolation permettant le krigeage sont sauvegardés dans un fichier XML. Le troisième paramètre est le nom du Grid.

Chaque modèle est paramétré différemment. Le modèle variographique change selon la thématique (pluviométrique et acridologique) et selon le type de carte réalisé (prévision ou incertitude).

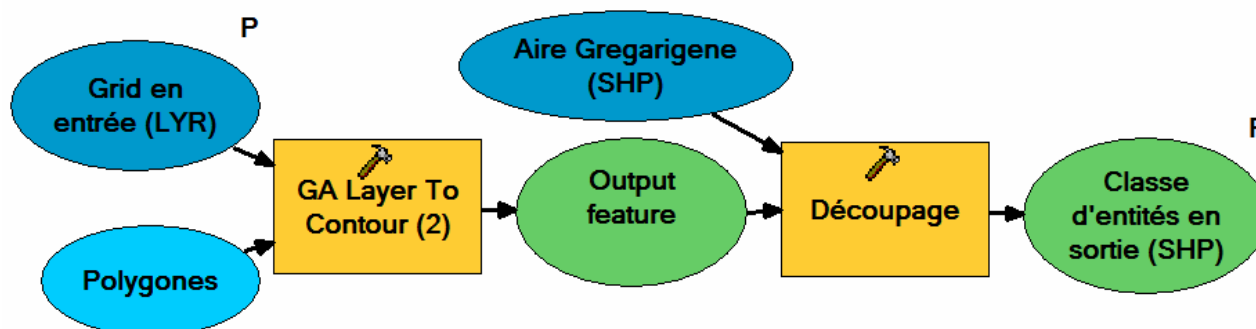
Pour générer les variable d'entrée (DBF), faites un clic droit sur l'outil (Rectangle coloré) et «Générer une variable / Paramètre de départ / Table XY». Pour paramétrer une variable d'entrée ou de sortie, faites un clic droit sur la variable et cochez «Paramètre du modèle».

Générer une variable	Paramètre de départ	Geostatistical model source
Créer une étiquette	Environnement de départ	Input dataset(s)

Du GRID au SHP : Il y a deux cas de figure ; les couches destinées à être croisées ultérieurement avec les régions naturelles ont un champ qui est ajouté, renommé «Pluvio» ou «Acrido» et calculé pour être équivalent aux classes de la thématique correspondante.

Dans le premier cas de figure, les couches ne servent qu'à l'édition de cartes et ne sont pas réutilisées ultérieurement (incertitude pluviométrique, iso-densité acridienne, et incertitude des densités acridiennes).

3.2 GRID*ISO-INC => SHP*INC-P / 3.3 GRID*DEN => SHP*DEN / 3.5 GRID*DEN-INC => SHP*DEN-A

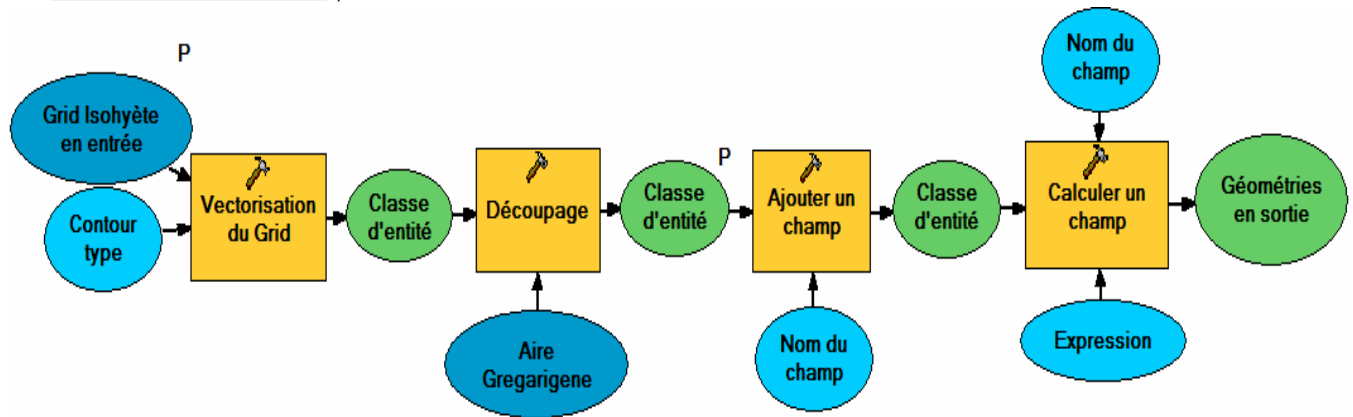


Le modèle ci-dessus est identiques pour 3 traitements de l'étape 3 (3.2, 3.3, 3.5). Ils ont chacun 2 paramètres différents. Le premier paramètre est le Grid de l'interpolation en entrée. Le fichier SHP en sortie est le second paramètre. L'export du grid peut être de deux type : polygonal ou linéaire. L'entité exportée est découpée selon l'aire grégarigène et la symbologie est automatiquement importée (clic droit sur l'entité de sortie, «Propriétés» et dans l'onglet «symbologie des couches», importez la symbologie depuis un fichier de couche [LYR])

Pour générer les variables de départ, de contour et de découpage, faites un clic droit et «Générer un variable».

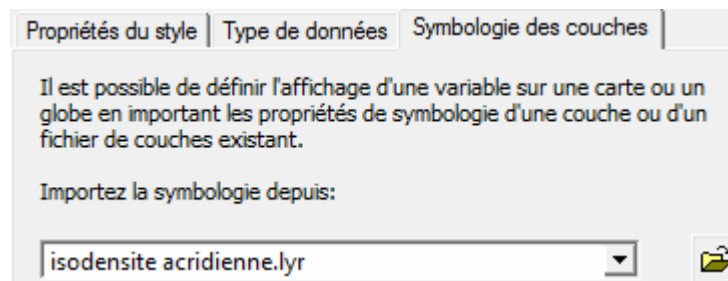
Dans le second cas de figure, les couches sont réutilisées et servent au croisement des données pour le calcul de risque (Isohyètes et iso-potentiel).

3.1 GRID*ISO => SHP*ISO / 3.4 GRID*POT=> SHP*POT

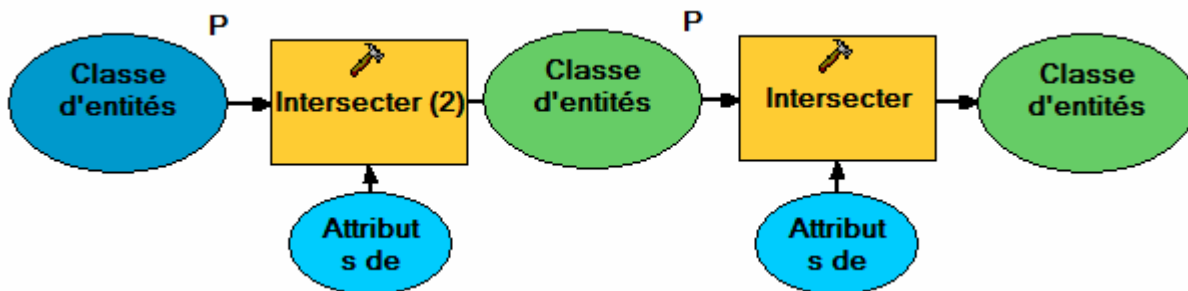


Le modèle ci-dessus est identique pour les 2 traitements de l'étape 3 pour les couches destinées à être réutilisées. (3.1, 3.4). Ils ont chacun 2 paramètres différents : le Grid de l'interpolation en entrée et Le fichier SHP en sortie. L'export du grid est de type : polygonal et l'entité exportée est découpée selon l'aire grégarigène. Afin de faciliter la lecture et pour éviter toute erreur, un champ est ajouté («acrido» ou «pluvio» selon la thématique).

La symbologie est automatiquement importée car elle est stockée dans la variable de sortie (clic droit sur l'entité de sortie, «Propriétés» et dans l'onglet «symbologie des couches», importez la symbologie depuis un fichier de couche [LYR])

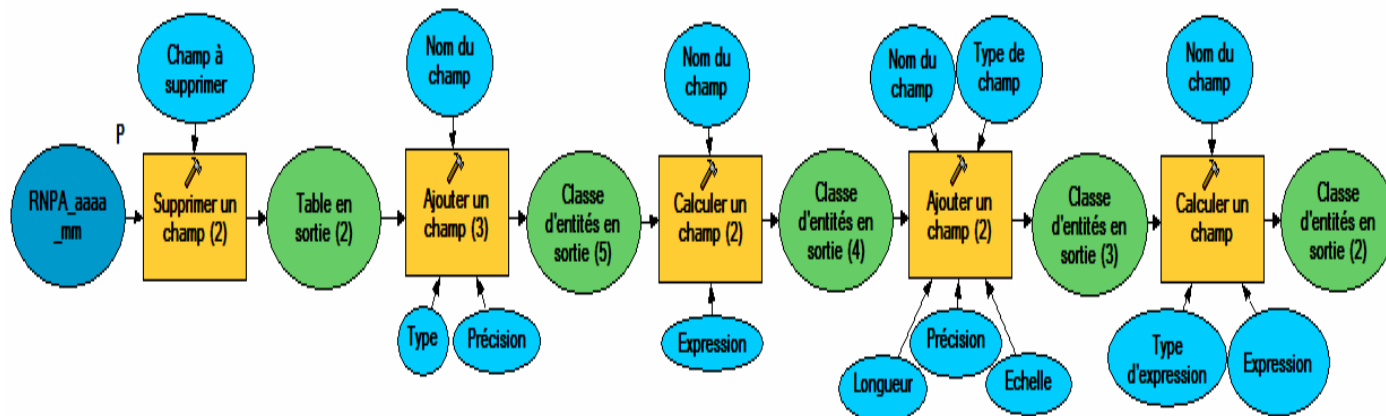


Intersection des couches pour le risque : Ce modèle permet d'intersecter trois couches d'un seul coup sans joindre les colonnes FID.

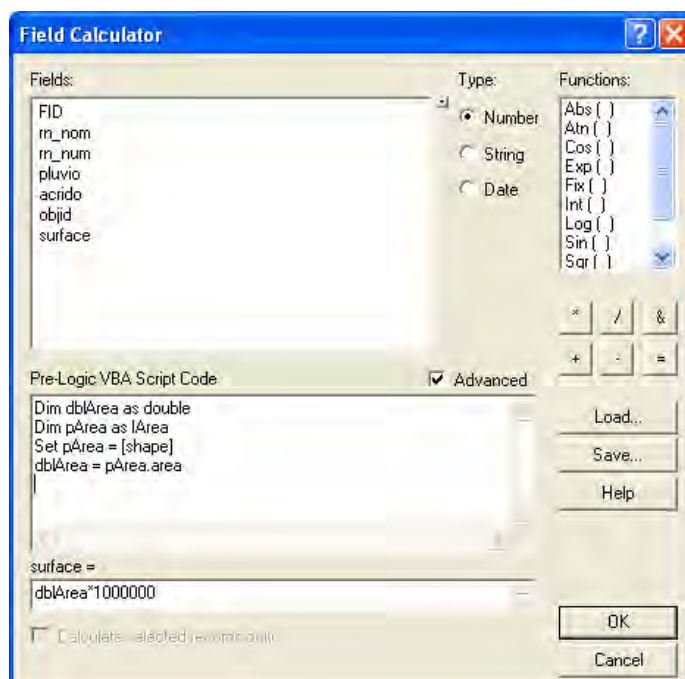


La classe d'entité en entrée est la couche des régions naturelles. La première intersection se fait avec la couche des isohyètes en spécifiant la variable «attribut de jointure» afin de ne pas intégrer les colonnes «FID» dans la nouvelle couche. Ensuite, cette couche résultante est croisée de la même manière avec la géométrie des iso-potentiels acridiens. La calcul se fait d'un seul coup et crée deux couches.

ORGANISATION DE LA TABLE ATTRIBUTAIRE : Ce modèle permet de supprimer les champs inutiles créés lors des interpolations et répercutés lors des intersections. Il permet en outre de créer un champs surfaces et un champs d'identifiant des objets afin de permettre la jointure des RNPA avec le DBF de risque après le calcul sous-excel.



La table en entrée est la couche issue du croisement des données (RNPA) réalisées avec le précédent modèle. On supprime les champs des bornes des classes pluviométriques et acridiennes afin de ne garder que les valeurs de classes utilisées pour le calcul de risque (on ne garde que les champs «rn_nom», «rn_num», «pluvio» et «acrido»). On ajoute le champ «objid» (de type «DOUBLE» et de précision «6») en lui donnant la valeur [FID] dans le champs expression afin que les identifiants des objets soient présent lors de l'ouverture du DBF de la couche RNPA pour le calcul de risque sous Excel. Enfin, on ajoute un champ «surface» (de type «DOUBLE», de longueur «50», de précision «50» et d'échelle «2» afin de bénéficier des surfaces de risque pour chaque RNPA le calcul de ce champs se fait en ajoutant une variable expression de type VB. L'expression peut-être copiée depuis le fichier "C:\SIG_LMC\C_TRAVAUX\UTILITAIRES\BAO\calcul_surface.txt". Dans la boîte de dialogue "Field Calculator", cliquez sur "Advanced" et dans la première fenêtre, copiez les 4 premières lignes du fichier " calcul_surface.txt". Dans la seconde fenêtre copiez la dernière ligne du fichier "calcul_surface.txt" comme ci-dessous.

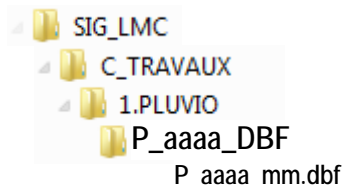
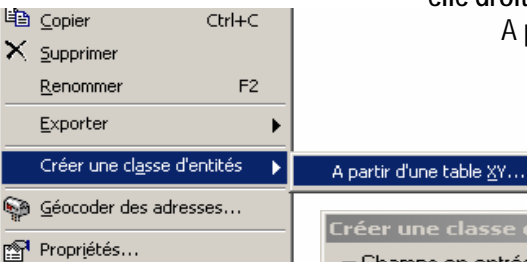
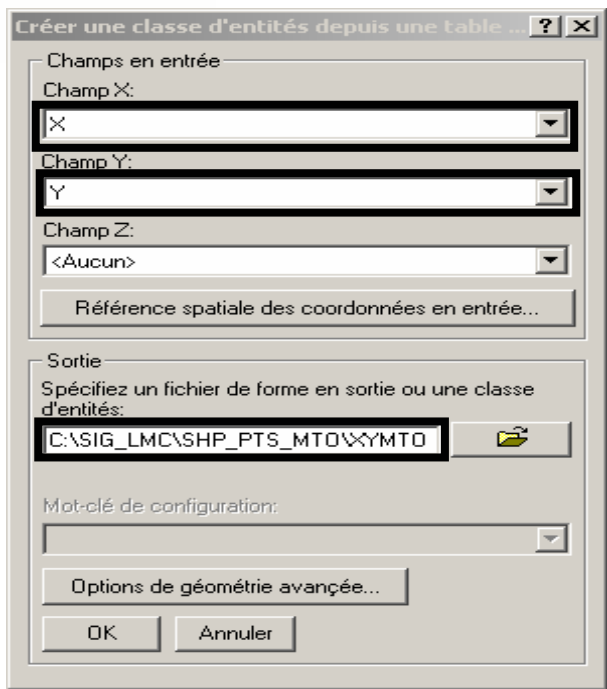





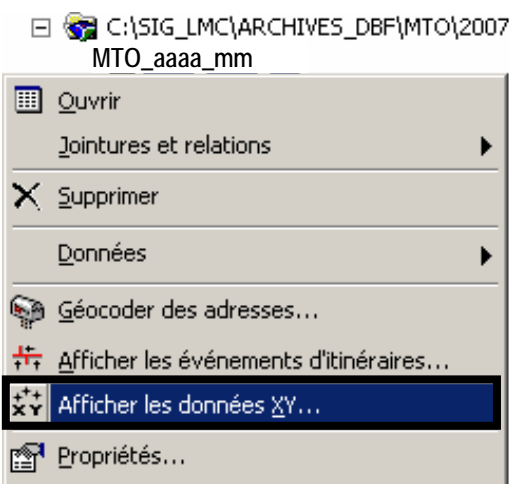
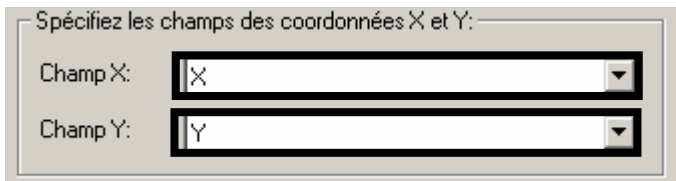

Annexe 4 : Exemple de procédure manuelle pour la réalisation de la carte des Isohyètes


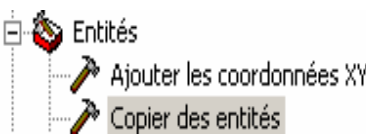
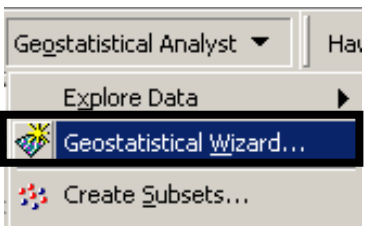
Données : Fichier DBF du mois en cours.

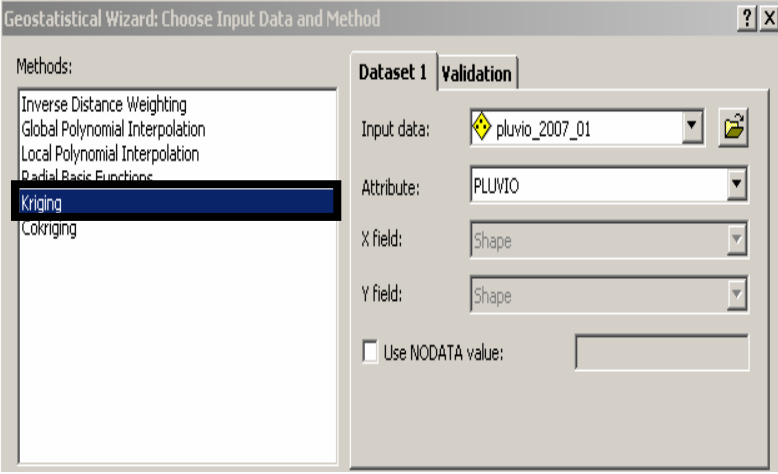
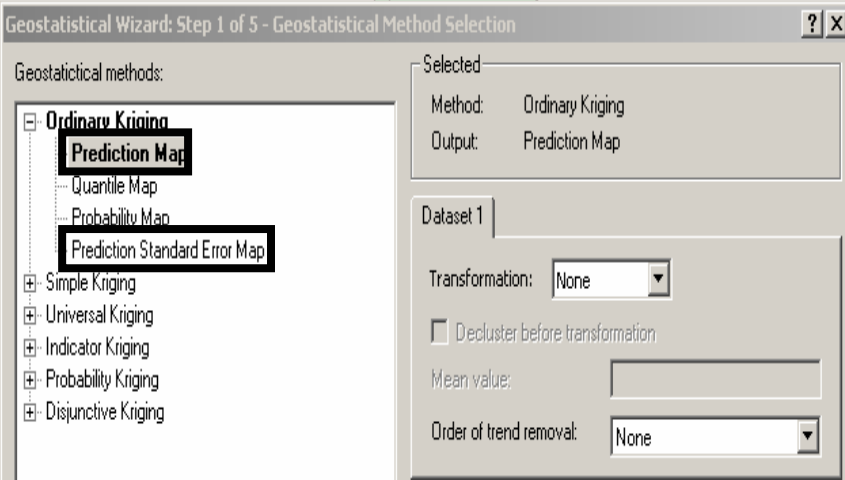
Objectif : Création de la couche de points, interpolation par Krigeage Ordinaire, classification selon des classes pluviométriques et export de la couche en polygones.

Méthode : Création des points et réalisation de l'interpolation avec Gesostatistical Analyst. Classification manuelle du grid résultant en fonction des classes pluviométriques et extension du résultat à l'aire grégorigène. Enfin export des données au format vectoriel et ajout de la nouvelle couche au projet ArcGIS.

Étapes	Manipulation
<p><u>2.Création de la couche de points</u></p> <p>2.1 Avec ArcCatalog :</p>	<p>Pour cette étape, il y a deux méthodes :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ L'une direct sous ArcCatalog. ✓ L'autre, indirect sous ArcMap. <div data-bbox="517 981 861 1164">  </div> <div data-bbox="517 1169 1046 1429">  </div> <div data-bbox="938 1003 1362 1214"> <p>Ouvrez ArcCatalog, et dans l'arborescence de dossiers, positionnez-vous sur la table que vous venez d'exporter d'Access. Faites un clic droit et créez une classe d'entités A partir d'une table XY...</p> </div> <div data-bbox="558 1491 785 1962"> <p>Vérifiez que les champs X et Y sont bien positionnés. Enregistrez la couche dans un répertoire explicite afin de pouvoir le retrouver. Enfin, Cliquez sur « OK ». Vous pourrez ensuite ajouter cette couche dans ArcMap.</p> </div> <div data-bbox="833 1370 1442 2056">  </div>

Etapes	Manipulation
<p>2.2 Avec ArcMap :</p> <p>Importation des points dans ArcMap</p> <p>Création des points à partir de la table</p>	<p>Ouvrez ArcMap et ajoutez  les couches des régions naturelles et de l'aire grégarienne comme données de référence.</p> <p>Cliquez à nouveau sur «Ajouter des données» : </p>  <p>Choisissez la table que vous venez d'exporter d'Access et cliquez sur «Ajouter». La couche s'est ajoutée à la TOC (Table Of Content) à gauche de la fenêtre ArcMap.</p> <p>Faites un clic droit sur la table et cliquez sur «Afficher les données XY...».</p>  <p>Vérifiez que les champs des coordonnées sont bien spécifiés.</p>  <p>Cliquez sur «OK».</p> <p>ArcMap affiche automatiquement la couche de points à la TOC en ajoutant «Evénements» devant le nom de la table.</p>  <p>Vérifiez qu'il n'y a pas de données mal positionnées. Les données présentes dans ArcMap ne sont pas enregistrées « en dur », il ne s'agit que d'affichage.</p>

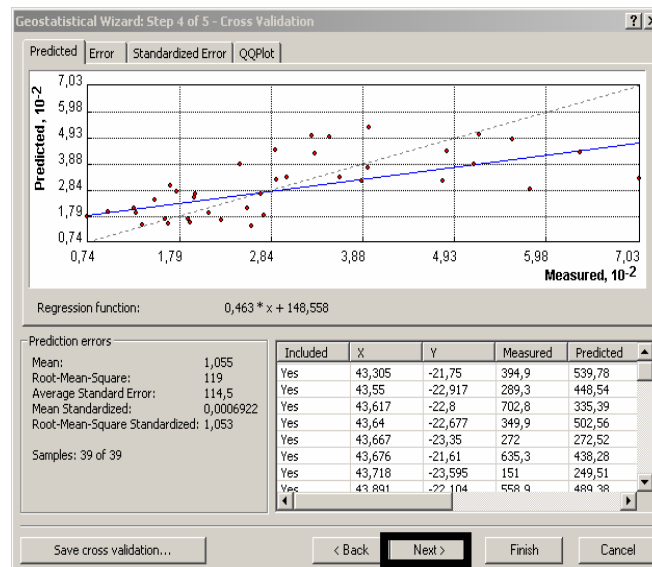
Etapas	Manipulation
Export de la couche en dur	<p>Pour réaliser des traitements (reprojection, interpolation...) il faut enregistrer cette couche de point en tant que fichier de forme (Shape – SHP).</p> <p>Pour cela, ouvrez l'ArcToolbox </p> <p></p> <p>Choisissez l'outil «copier des entités».</p> <p>Classe d'entités en entrée EvénementsP_aaaa_mm</p> <p>En entrée choisissez la couche à exporter.</p> <p>Classe d'entités en sortie C:\SIG_LMC\C_TRAVAUX\11.PLUVIO\IP_aaaa_SHP\IP_aaaa_mm.shp</p> <p>En sortie, spécifiez le nom et le chemin vers le dossier choisis.</p>
<p><u>3. Préparation de l'interpolation</u></p> <p>3.1 Chargement de l'extension Geostatistical Analyst</p> <p>3.2 Utilisation du Geostatistical Analyst</p> <p><u>4. Interpolation avec le Geostatistical Wizard</u></p> <p>4.1 Choix des données, de la méthode et du champ de base de l'interpolation</p>	<p>ArcGIS propose plusieurs outils de statistiques spatiales. Nous utiliserons Geostatistical Analyst. Avant de réaliser les traitements géostatistiques, il faut charger les outils adéquats.</p> <p>Vérifiez que votre couche de points est bien chargée dans votre projet ArcMap et que l'extension Geostatistical Analyst est bien chargée : dans le menu Outils / Extensions... cochez la case correspondante. Il se peut que les outils ne s'affichent pas, dans ce cas allez dans le menu Outils / Personnaliser... cochez la case correspondante. Le groupe d'outils s'affichera dans la barre des menus.</p> <p>Déroulez le menu de Geostatistical Analyst et cliquez sur Geostatistical Wizard</p> <p></p> <p>Le Geostatistical Wizard est une boîte de dialogue qui permet de fixer les paramètres qui seront utilisés pour l'interpolation</p> <p>Dans cette première fenêtre il est possible de réaliser un test de validation (onglet « validation », choisir le jeu de données utilisé pour vérifier les résultats). Les résultats seront présentés en dernière fenêtre, en lieu et place des résultats de la validation croisée (celle-ci est automatisée au sein du Geostatistical Wizard). Les résultats fournis sont sous la même forme que les résultats de la validation croisée.</p>

Etapas	Manipulation
<p>4.2 Choix du krigeage et de la carte en sortie</p>	<div data-bbox="523 297 1305 768">  </div> <p>Choisissez « Kriging », le jeu de données ponctuel (pluviométrique ou acridologique) dans les deux onglets et le champ sur lequel sera réalisé l'interpolation. Cliquez sur « Next ».</p> <p>Dans la seconde fenêtre, choisissez le type de carte réalisée (carte de prévision) et le type de krigeage (ordinaire).</p> <div data-bbox="488 1037 1337 1514">  </div> <p>Ne changez rien dans l'encadré « Dataset 1 », laissez « none » pour le choix de la « Transformation » et de la « Dérive ». Cliquez sur « Next »</p> <p>Si vous réalisez une carte de prévision (carte d'isohyètes ou d'iso-densité), cliquez sur «Prédiction Map».</p> <p>Si vous réalisez les cartes d'erreurs (carte d'incertitude pluviométrique ou carte d'incertitude des iso-densités acridiennes), cliquez sur «Prédiction Standard Error Map».</p>

Etapes

Manipulation

4.5 Visualisation du Résultats du test de validation croisée

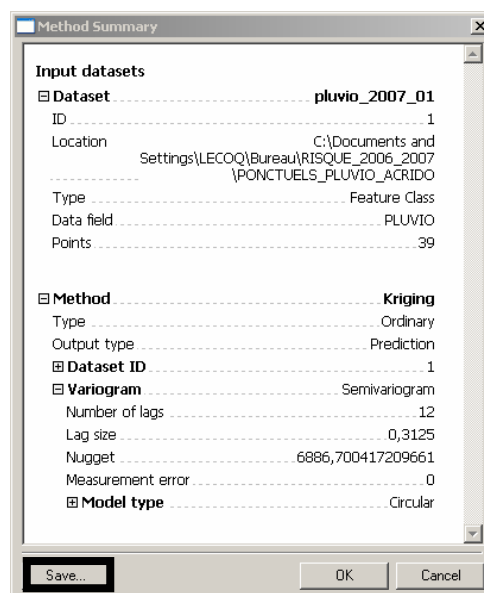


4.6 Exécution de la procédure d'interpolation

Il est possible de sauvegarder dans une table dbf ces résultats (Save cross validation). Ne changez rien et cliquez sur « Next ».

Lorsque vous ne pouvez plus cliquer sur « next », vous êtes sur le point de lancer l'interpolation. Cliquez sur « Finish ».

Une nouvelle fenêtre apparaît qui résume les données utilisés et les paramètres du krigage.



Method Summary

Input datasets

Dataset pluvio_2007_01

ID 1

Location C:\Documents and Settings\LECOQ\Bureau\RISQUE_2006_2007\PONCTUELS_PLUVIO_ACRIDO

Type Feature Class

Data field PLUVIO

Points 39

Method Kriging

Type Ordinary

Output type Prediction

Dataset ID 1

Variogram Semivariogram

Number of lags 12

Lag size 0,3125

Nugget 6886,700417209661

Measurement error 0

Model type Circular

Save... OK Cancel

CLIQUEZ SUR « SAVE » POUR ENREGISTRER LES PARAMETRES D'INTERPOLATION DANS UN FICHER XML.

Sauvez-le dans un répertoire prévu à cet effet. Créez un .XML pour la pluviométrie et un .XML pour les données acridiennes.

Enfin, cliquez sur « OK ». Un grid s'affiche à l'écran.

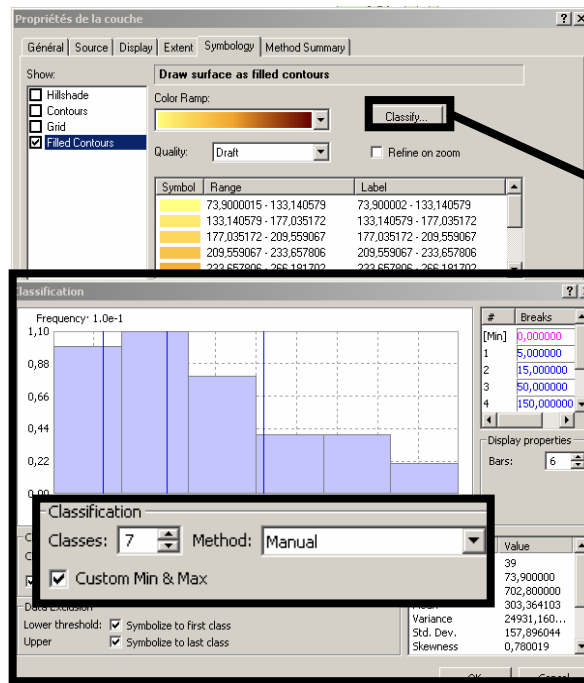
Etapas	Manipulation
	<div data-bbox="730 293 1241 981" data-label="Figure"> </div> <p data-bbox="523 1014 1455 1081">La surface interpolée est au format Geostatistical Analyst Layer. Elle doit être enregistrée pour être conservée.</p>
<p data-bbox="188 1149 403 1216">5. Classification et extension du Grid</p> <p data-bbox="225 1615 496 1715">5.1 Extension l'étendue du grid à l'aire grégarigène</p>	<p data-bbox="523 1178 1455 1245">Le grid doit être reclassé car les classes du Geostatistical Analyst ne correspondent pas avec les classes pluviométriques.</p> <div data-bbox="523 1279 815 1574" data-label="Complex-Block"> <p>Couches</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Ordinary Kriging <ul style="list-style-type: none"> Prediction Map [pluvio_2007_01].[PLUVIO] 73,900002 - 133,140579 133,140579 - 177,035172 177,035172 - 209,559067 209,559067 - 233,657806 233,657806 - 266,181702 266,181702 - 310,076294 310,076294 - 369,316864 369,316864 - 449,268555 449,268555 - 557,172180 557,172180 - 702,799988 </div> <p data-bbox="871 1335 1198 1503">Pour cela, double cliquez sur la couche dans la TOC ou faites un clique-droit / propriétés. La fenêtre propriétés s'ouvre.</p> <p data-bbox="523 1603 1206 1637">Dans l'onglet «étendue» utilisez l'étendue de l'aire grégarigène.</p> <div data-bbox="651 1671 1326 2029" data-label="Image"> </div>

Etapes

Manipulation

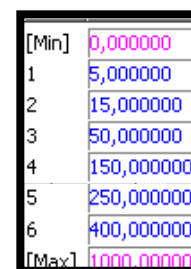
5.2 Classification en fonction des plages pluviométriques

Dans l'onglet «Symbologie», positionnez-vous sur la catégorie «contours pleins» et cliquez sur «classer».

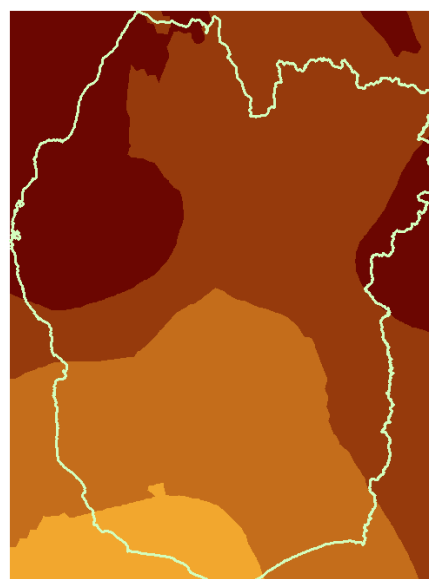
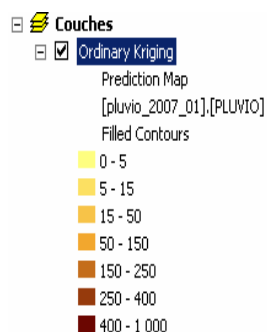


Modifiez le nombre de classes (7 pour la pluviométrie et 8 pour les données acridiennes), optez pour une méthode de classification manuelle et personnalisez les extrêmes.

Enfin, définissez les bornes de chaque classe comme ci-contre.

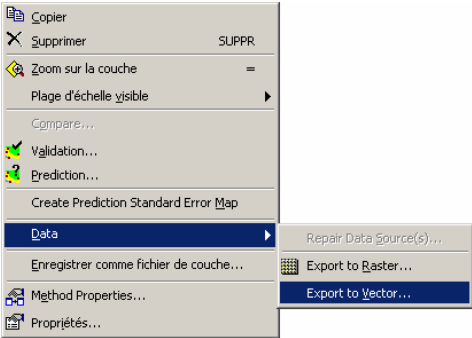
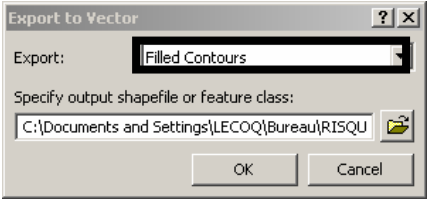
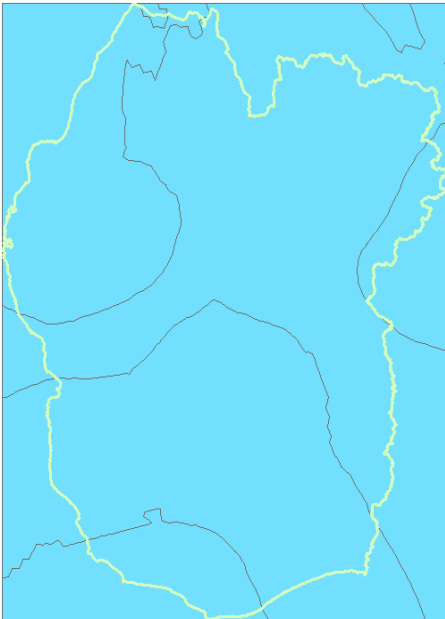
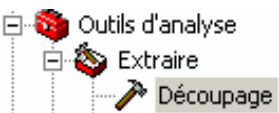


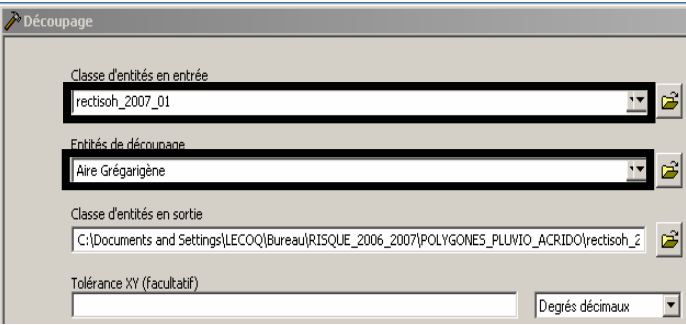
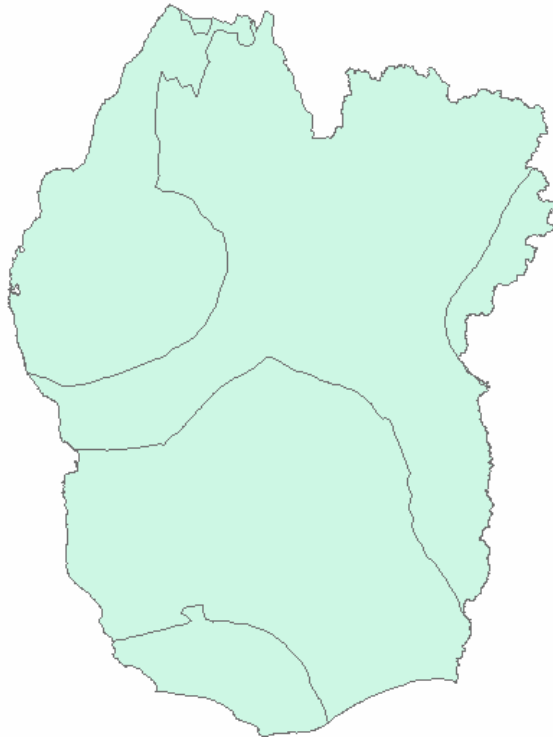
5.3 Visualisation du résultat



Vous obtiendrez ainsi un grid d'interpolation classifié en fonction des classes pluviométriques conditionnant l'écologie du criquet migrateur malgache sur toute la zone d'étude ; à savoir l'aire grégairigène

Superposez cette dernière sur le grid et changez-en la symbologie afin de visualiser la carte des isohyètes.

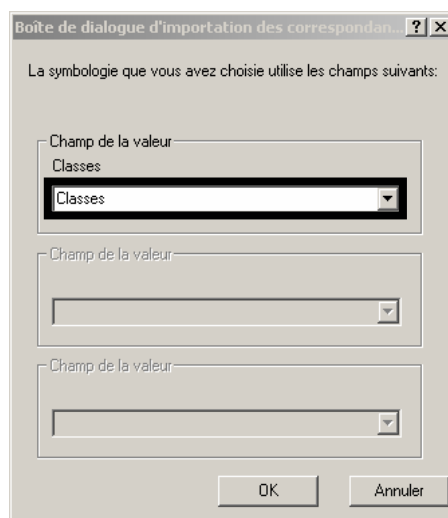
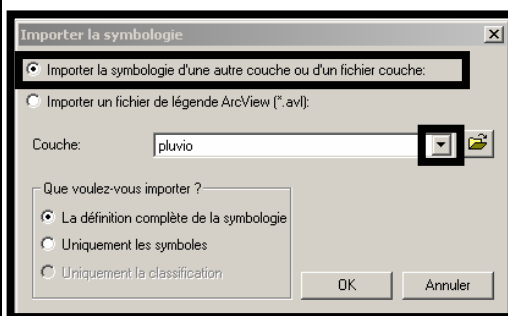
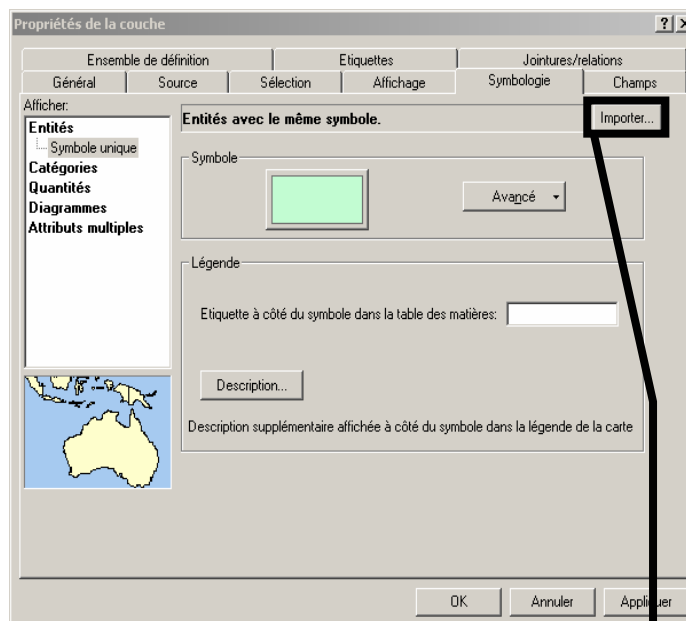
Etapes	Manipulation
<p>6. Export au format vectoriel, et découpage en fonction de la zone d'étude</p> <p>6.1 Export des données au format .SHP</p> <p>6.2 Choix du type de vecteur</p> <p>6.3 Enregistrement du rectangle isohyète dans un dossier</p>	<p>Cette étape permettra de disposer d'une couche isohyète vectorielle afin de pouvoir la croiser avec d'autres données.</p> <p>Positionnez-vous sur la couche, faite un clic droit/données/exporter au format vecteur.</p>  <p>Une nouvelle boîte de dialogue permet de choisir le type de vecteur. Choisissez «contours pleins»</p>  <p>Entrez le chemin vers le dossier adéquat et nommez la couche. Par exemple « rect_isoh_2007_01 ».</p> <p>Enfin, acceptez la demande d'ajout de la carte.</p>
<p>6.4 Découpe de la carte isohyète et représentation graphique.</p> <p>6.5 Choix de l'entité découpée et de l'entité de découpage</p>	<p>Vous disposez maintenant d'une carte isohyète pas encore exploitable pour une présentation cartographique.</p>  <p>Découpez cette carte en fonction de l'aire grégariène pour disposer d'une carte que l'on pourra éditer.</p> <p>Ouvrez l'outil «découpage» de l'arctoolbox.</p> <p>En entrée choisissez «rectisoh_2007_01» et en entité de découpage, choisissez «aire grégariène».</p> 

Etapes	Manipulation
<p data-bbox="108 692 430 761">7.Réalisation d'une représentation thématique</p> <div data-bbox="170 1467 430 1568"> <p>7.1 Importation d'une symbologie préenregistrée</p> </div>	 <p data-bbox="450 645 884 676">Cliquez sur « OK » et affichez le résultat.</p>  <div data-bbox="1102 842 1278 1310"> <p>Vous obtiendrez ainsi une carte isohyète découpée selon les contours de l'aire grégarigène. Il faut maintenant changer la symbologie pour distinguer les plages pluviométriques</p> </div> <p data-bbox="450 1489 1380 1653">Pour cela ouvrez les propriétés de la couche et allez dans l'onglet symbologie (Double-clic ou clic droit sur la couche). Dans la fenêtre des propriétés (onglet symbologie), ne réalisez pas la représentation cartographique manuellement. Cliquez sur le bouton « Importer... » afin d'utiliser une couche dont la symbologie est déjà réalisée.</p>

Etapes

7.2 Etiquetage des éléments de la carte

Manipulation



Choisissez la première option Et parcourez les dossiers. Utilisez la couche « isohyètes.lyr » dans le dossier « Lyr ». Cliquez sur « OK » et vérifiez que le champ de la valeur est bien le champ « classes ».

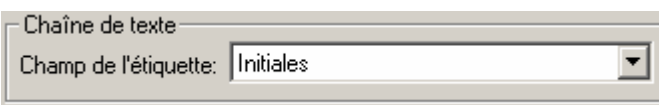
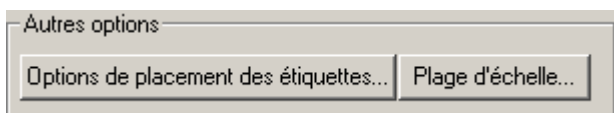
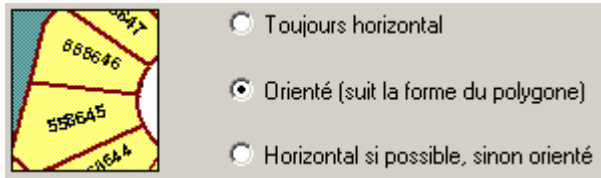
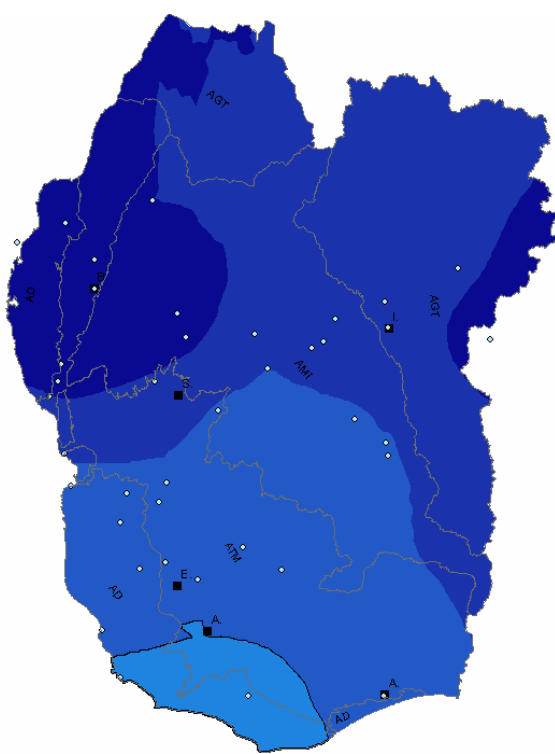

Il faut pour cela qu'un champ « classes » existe dans la table attributaire de la couche isohyète.




Cliquez enfin sur « OK ».

Vous pouvez ensuite ajouter les chefs-lieux de zones ainsi que les aires acridiennes afin que la carte soit facilement interprétable lors de son édition.

Sur la couche des chefs-lieux de zones, ouvrez la fenêtre « propriétés ». Sur l'onglet « Etiquettes », cochez l'option « Etiqueter les entités de cette couche ».

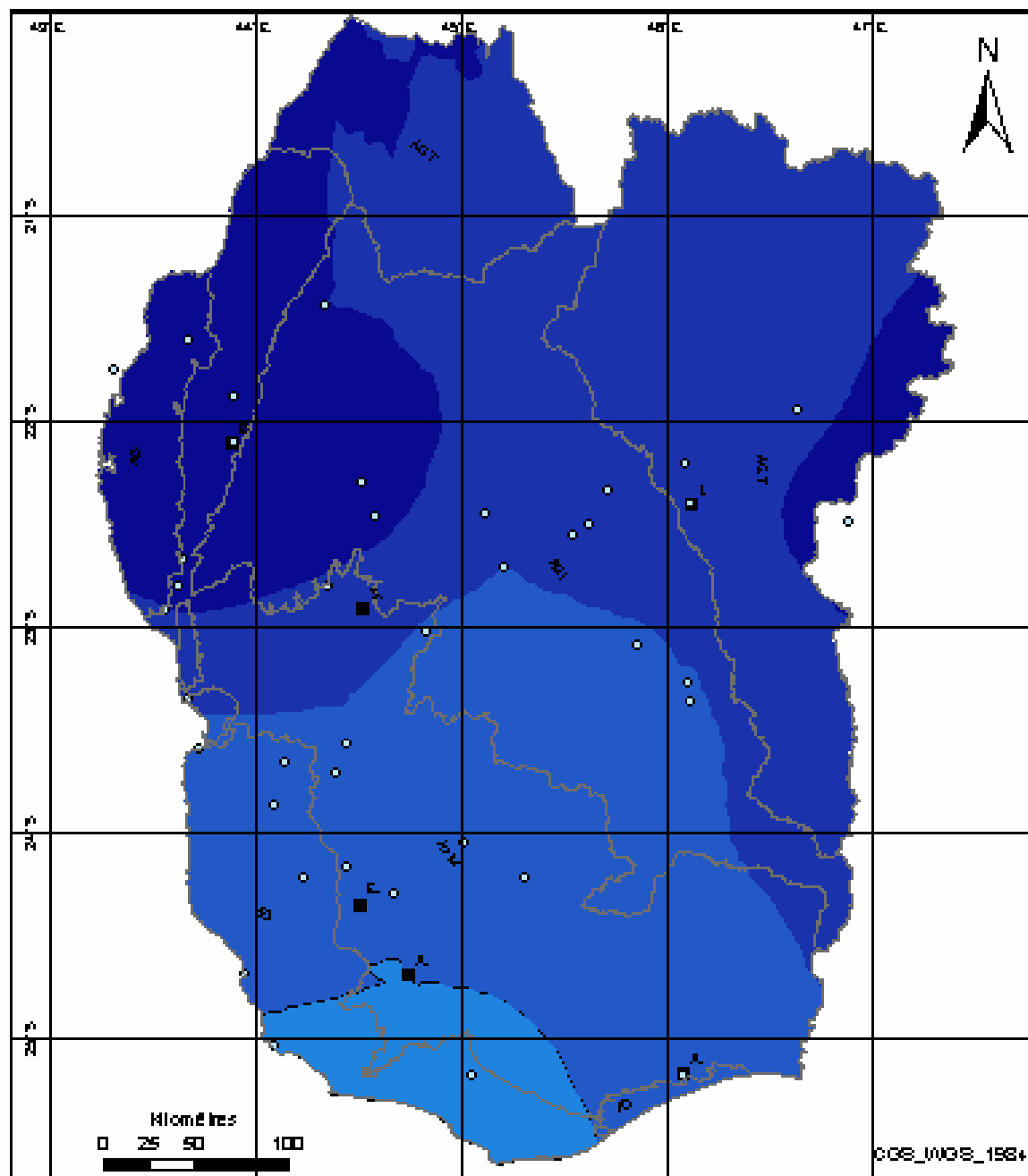
☒ Etiqueter les entités dans cette couche

Etapes	Manipulation
<p>7.3 Visualisation du résultat</p>	<p>Choisissez d'afficher le champ « Initiales ».</p>  <p>Dans les autres options, cliquez sur « Options de placement des étiquettes... ».</p>  <p>Et cochez la seconde option</p>  <p>Enfin, cliquez sur « OK ». puis toujours dans la fenêtre des propriétés, dans l'onglet symbologie, rendez les polygones transparents avec un contour gris.</p>  <p>Cette carte n'est pas interprétable en l'état. Pour faire une mise en page, allez dans le mode mise en page (Affichage/mode mise en page). La barre de mise en page s'est activée, elle s'affiche probablement en bas de la fenêtre ArcGIS.</p>
	<p>8. Réalisation d'une mise en page</p> <p>8.1 Import d'un modèle de mise en page</p> <p>Si vous ne la trouvez pas, allez dans le menu « Outils/Personnaliser... ». Dans l'onglet « Barres d'outils », cochez « Mise en page ».</p> <p>Dans le mode mise en page, vous visualiserez les données sur une page vierge. Ne refaites pas la mise en page manuellement.</p> <p>Importer un modèle via le bouton «changer la mise en page» </p>

Etapas	Manipulation
<p>8.2 Configuration des légendes</p> <p>9. Création de la carte d'incertitude</p> <p><i>L'outil Audit des données ne fonctionne pas à l'heure actuelle. il s'agissait du champ "campagne" qui n'était pas présent dans le DBF (étant donné qu'on a refait le modèle builder). Est-ce qu'un simple export du champs campagne lors de la création du DBF pourrait suffir à le faire tourner ? De toute façon, il faut qu'ils fassent la carte d'incertitude quel que soit le nombre de données dont ils disposent.</i></p>	<p>Une nouvelle fenêtre de dialogue s'ouvre dans laquelle vous pourrez voir tous les modèles prédéfinis d'ArcGIS. Il n'y a aucun modèle personnalisé. Cliquez sur «parcourir»  et ajoutez le modèle «isohyetes.mxt» du dossier « Modèles ». Une fenêtre « Ordre des blocs de données » s'ouvrira mais n'en tenez pas compte. Cliquez sur « terminer »</p> <div data-bbox="523 477 986 1126"> </div> <p>Les couches que vous venez de créer sont visualisables mais les légendes sont décalées. Ceci est normal car dans le modèle de mise en page, les légendes sont positionné de la sorte alors que tous les éléments ne sont pas présents dans chaque bloc de données.</p> <p>Double-cliquez sur le bloc « plages pluviométriques » et enlevez tous les éléments  ajoutez seulement l'élément « pluvio » . Cliquez en suite sur « Style... » et choisissez « Horizontal Bar with Heading, Labels, and Description ». Cliquez sur « OK »</p> <div data-bbox="523 1305 1220 1641"> </div> <p>Réalisez les mêmes opérations avec le bloc de données de droite en ajoutant la couche des stations pluviométriques. Pour la mise en page, renommer la «Stations relevées (Janvier 2001)».</p> <p>Pour le dernier bloc, ajoutez d'abord les Chefs-lieux et cochez la case «Nouvelle colonne», ajoutez ensuite les Aires acridiennes et cochez encore «Nouvelle colonne». Cliquez sur « OK »</p> <p>Pour créer la carte d'incertitude associée aux données pluviométriques, il faut relancer l'interpolation sur les points pluviométriques et choisir un Krigeage ordinaire. Cependant, il faut changer le type de carte en sortie et choisir « Prédiction standard error map » (cf. Interpolation avec le géostatistical wizard - Choix du krigeage et de la carte en sortie p.8). Tous les autres paramètres sont identiques.</p>

Etapes	Manipulation
	<p>Vous obtiendrez un grid de l'incertitude. Il faut ensuite régler l'étendue et réaliser la classification (cf. Classification et extension du Grid p.11). réalisez une classification comme ci-dessous.</p> <div data-bbox="715 427 1121 831"> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Ordinary Kriging_2 Prediction Standard Error Map [pluvio_2007_01].[PLUVIO] Filled Contours 10 - 20 20 - 30 30 - 40 40 - 50 50 - 60 60 - 70 70 - 80 80 - 90 90 - 100 100 - 110 </div> <p>Ensuite, suivez les étapes de la fiche 2 (cf. Export au format vectoriel, et découpage en fonction de la zone d'étude p.12; Réalisation d'une représentation thématique p.14 et Réalisation d'une mise en page p.16) afin d'obtenir une carte d'incertitude éditable. Pour l'édition, utilisez le modèle de mise en page, incertitude pluvio.mxt.</p>

CARTE DES ISOHYETES



PLAGES PLUVIOMETRIQUES

Millimètres de pluies (Mars 2007)



0-5 5-16 16-50 50-100 100-200 200-400 >400

Plage Optimale Pluviométrique (POP)

Cette carte illustre les données pluviométriques recueillies par les stations météorologiques.

POSTES PLUVIOMETRIQUES

○ Stations relevées (Janvier 2001)

■ chef_lieu_ZA □ Aires_poldiennes

Système Géographique d'avertissement contre le Criquet migrateur malgache

Bibliographie

- Andriamaroahina, T. 2005. Création d'un outil (SIG) pour le suivi et l'évaluation de la situation acridienne du Criquet migrateur malgache, *Locusta migratoria capito* (Saussure, 1884) dans une région pilote, la zone de Ejeda (Madagascar). Thèse de Mastere "Systèmes d'informations localisées pour l'aménagement des territoires" (SILAT) ENGREF/AGRO/IGN/INA-PG : Montpellier, Paris.
- Andriamaroahina, T., Franc, A. et Duranton, J.-F. 2006. Création d'un outil (SIG) pour le suivi et l'évaluation de la situation acridienne du Criquet migrateur malgache, *Locusta migratoria capito* (Saussure, 1884) dans une région pilote, la zone de Ejeda (Madagascar), pp. 51 In A. El Hassani and M. Dakki [eds.], VIe Conférence internationale francophone d'Entomologie, Rabat, 2-6 juillet 2006. Institut Scientifique / Association Marocaine de Biodiversité, Rabat.
- Andrianasolo, R. J. 1979. Relations entre la climatologie et les pullulations d'insectes phytophages dans le Sud-Ouest de Madagascar. PhD. thesis.
- Borot J.B., 2008. Gestion de l'incertitude associée aux interpolations dans le cadre d'un SIG d'alerte précoce contre les pullulations du criquet migrateur malgache, *Locusta migratoria capito* (Saussure, 1884). Mémoire de Master Cartographie et gestion des espaces à forte contrainte. Université de Nantes, France. 138 p.
- FAO, 1973. Projet de Recherches sur le Criquet migrateur malgache, PNUD/FAO MAG/70/523 : Rapport terminal, juillet 1973. FAO : Rome. 65 p.
- Duranton, J.-F. 1996. Expertise acridienne à Madagascar. Perspectives de réhabilitation du système d'avertissement antiacridien (11 mars - 17 avril 1996). CIRAD-GERDAT-PRIFAS : Montpellier (France). 52p. + 7 annexes p.
- Franc, A., Andriamaroahina, T., Duranton, J.-F., Lecoq, M., Luong-Skovmand, M. H., Rabesisoa, L. F., Randriamifidimanana, H. et Solofoniaina, H. 2004. La lutte préventive anti-acridienne à Madagascar. Rapport final. Centre National Antiacridien / CIRAD-AMIS-PPC-Prifas : Tuléar (Madagascar) / Montpellier (France). 140 p.
- Launois, M. 1974. Influence du Facteur Pluviométrique sur l'Evolution Saisonnière du Criquet Migrateur *Locusta migratoria capito* (Sauss.) en Phase Solitaire et sur sa Grégarisation à Madagascar. Thèse pour l'obtention du grade de Docteur ès Sciences Université de Paris-Sud, Centre d'Orsay (France).
- Launois, M. 1973. Le service d'avertissement antiacridien à Madagascar. Conception et réalisation. Rome. 11p + 6 annexes p.
- Lecoq, M, 2001. Recent progress in Desert and Migratory Locust management in Africa. Are preventive actions possible ? *Journal of Orthoptera Research* 10(2) : 277-291.
- Uvarov, B. P. 1921. A revision of the genus *Locusta* L. (*Pachytylus* Fiel.) with a new theory as to periodicity and migrations of locust. *Bulletin of Entomological Research* 11(4). pp.397-407
- Zolotarevsky, B.-N.1934. Aires grégarigènes et facteurs de transformation de la phase solitaire des acridiens migrants dans la phase grégaire, pp. 62-66. In Proc. 3d. Intern. Locust. Conf., Londres.
- Zolotarevsky, B.-N. 1929. Le criquet migrateur (*Locusta migratoria capito* Sauss.) à Madagascar. *Annales des Epiphyties* 15. pp.185-242